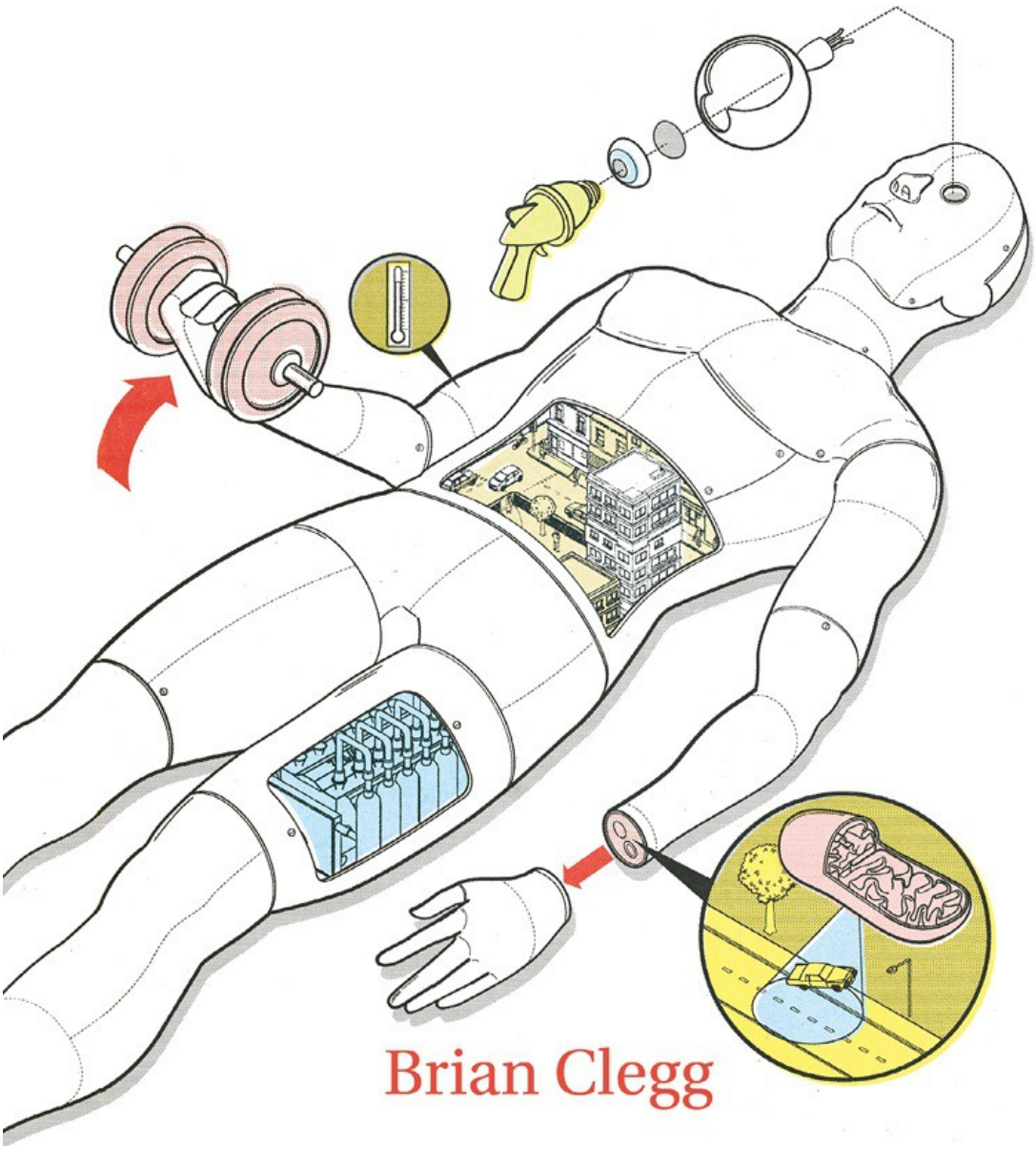
THE UNIVERSE INSIDE YOU

The Extreme Science of the Human Body From Quantum Theory to the Mysteries of the Brain

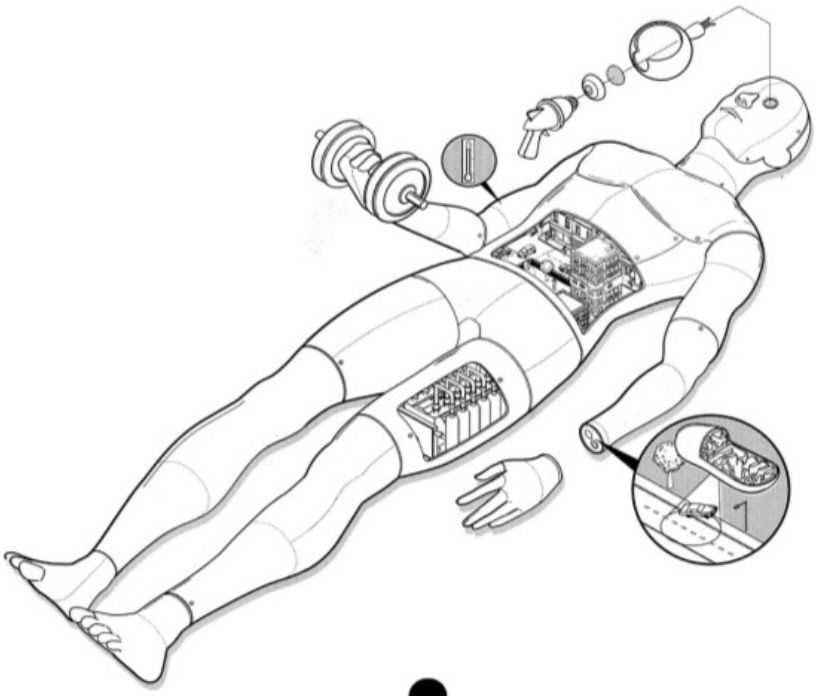


Brian Clegg

UNIVERSUL DIN TINE

Știința extremă a corpului uman, de la teoria cuantică la misterele creierului

Brian Clegg



ICON

CUPRINS

Introducere
1. În oglindă
    Despre reflecție
2. Un singur fir de păr
    Culorile naturii
    Vopsirea pentru a fi atrăgător
    Îngrijorarea cu privire la căderea părului
    Pentru a-ți face aliați, pierde-ți părul
    Pierdut în spațiu
    O măsură proastă
    Să-ți intre sub piele
    Din ce sunt făcute lucrurile?
    Bătut de molecule
    Atomi goi și funduri electromagnetice
    Explorarea măruntaielor unui atom
    Niciun sistem solar în miniatură
    Un salt cuantic
    Farmecul quarcurilor
    Modelul standard dezordonat
    Este solid, lichid sau gazos?
    A patra stare a materiei
    Intrați în condensat
    Orice fel de materie
    Tu eşti ceea ce mănânci
    Componente care datează dinaintea Pământului
    Un strop de praf de stele
3. Închis într-o celulă
    Blestemând durerea
    Un lichid viu
    Semne de viață
    Celulele tale sunt vii?
    O călătorie prin fluxul tău sanguin
    Molecula specială
    O companie de cutii mici
    Molecula superstar
    Codul tău special
    Invadatorii din celulele tale
    Purtând genele tale extraterestre
    Trilioanele tale de mici pasageri clandestini
    Un apendice util
    Bacteriile nu cunosc regula celor cinci secunde
    Făcându-şi loc în afecțiunea ta
    Nobila lipitoare
    Extratereștrii din gene
    Vederea mică
    Razele care nu încetează să dea
    Pisicile și rezonanța nucleară
    Vânătoarea neutrinilor evazivi
    Neutrinii pe care lumina nu i-a putut prinde

4. Prin ochi proaspeți
    În centura lui Orion
    Văzând în trecut
    Valuri sau particule?
    Izbucnind din inima unei stele
    Călătoria stelară de 1.340 de ani
    Lentila deformantă
    Principiul Baywatch
    Privind printr-o linte
    Printr-un geam, întunecat
    Culorile dezordonate ale vederii
    Ridicarea fotonilor
    De la lumină la minte
    Viziunea ta artificială asupra lumii
    Realitatea cuantică
    Prin fantele lui Young
    Incertitudinea domnește
    Împletirea
    Un întreg normal din părți cuantice
    O ispravă galactică
    Urină strălucitoare în întuneric
    Rămășițe ale Big Bang-ului?
    Universul în expansiune
    Probabilul Big Bang
    Jocul cu modelele
    Universul scăpat de sub control
    Un quasar prea departe
    Miturile găurii negre
    Construirea unei găuri negre
    Soarele non-etern
    Sursa de energie a vieții
    Există cineva acolo afară?
    Testul de inteligență
    Suntem izolați, dacă nu singuri
5. Mărșăluind pe stomac
    Chimia ta interioară
    Întinde mâna după o bucată de piatră
    Compusul malefic al vieții
    Adăugarea unui pic de efervescență
    Stând la masa lui Dmitri
    Faceți cunoștință cu elementul 114
    Metal greu sau gaz nobil?
    Transformarea alimentelor în energie
    Mâncarea caldă este o mâncare bună
    Cupa care înveselește
    Hrana zeilor
    Medicamentul câștigătorilor
    De la energie chimică la mușchi în mișcare
    Să facem munca să funcționeze
    Marele mister al bondarilor
    Cangurul elastic
    Căldura în mișcare

Fără mașini cu mișcare perpetuă
Energia Crookes
Energie curată infinită
Entropia crește
Fizica monștrilor
Menținerea pe două picioare
Pitici și crăpători de degete
6. Senzația de amețeală
Numărarea simțurilor
De la unda de compresie la unda cerebrală
Iluzii audibile
Sunetul emoției
Toate sunt de bun gust
Aromele și papilele gustative
Mineralul din dulapul de bucătărie
Mirosul în jurul tău
Mirosul unui partener
În căutarea mirosului pierdut
Simțul care este pretutindeni
A vedea cu pielea
Un simț al durerii
Să-ți găsești propriul nas
Simțirea acceleratorului
Greutatea și masa
Împinge-mă să te trag
Forța ocultă
Deformarea spațiului și a timpului
Cădere și dispariție
Nu mai există acțiune la distanță
Încetinirea ceasurilor voastre
Forța de creație
Forța electricității și a magnetismului
Mergând cu curentul
În nucleu
Forța de apropiere
Călătoria în timp
Lumina devine relativă
Tuneluri prin timp
Construiește-ți propria mașină a timpului
Paradoxurile timpului
Respirând mai ușor la parcul tematic
7. Doi câte doi
Ce vrei să spui prin atractiv?
Păsările o fac.
Albinele o fac...
Nu poți face o omletă fără să spargi ouă
Făcând-o în mod preistoric
Tehnologia epocii de piatră în parc
Câinele ca proteză
Ingineria genetică în mod natural
Puternicul 23
Dincolo de genă

Similitudini şi diferenţe
Atacul clonelor
Bună ziua Dolly
Îmbătrânirea grațioasă.
Încoronarea gloriei
Ce se întâmplă în capul tău
Creierele nu erau goale pentru matematică
Deschide uşa
Problema celor doi băieţi
Un test al înțelegerii tale
Dar ce înseamnă asta?
Trebuie să vă amintiţi asta
Stare solidă versus stare moale
Să-ți amintești cum se face
Amintirea lucrurilor
Cunosc fața
Notează-mi numărul de telefon
Îmi amintesc de coada aia de undeva
Scribble creier
Scriind cu imagini
Ai auzit de mămica mea?
Abecedare la alfabet
Sună capital
Eşti tu om?
Ai ucide pentru a salva vieţi?
Încredere şi ultimatumuri
Cântărirea opţiunilor
Luând în considerare toţi factorii
Ar putea fi vouă
Economia greşeşte
Aţi făcut asta în mod conştient?
Schimbări de dispoziție şi pauze de confort
Analgezicele proprii ale creierului
Direcționarea homeopatică greşită
Etica placebo-urilor
9. Oglindă, oglindă
Construirea turnului strămoşilor tăi
Câte culori în curcubeu?
Nicio schimbare bruscă
Un eşec al legăturilor
Babel de turnuri
Mândru să fie doar o teorie
Newton se înşeală
Evoluția are mult sens
La ce foloseşte o jumătate de ochi?
Știința poate fi întotdeauna dovedită greşită
Simțul minunii

Anexă: Să aflăm mai multe
Un singur fir de păr
Închis într-o celulă
Prin ochi proaspeţi

Mărșăluind pe stomac
Senzaţie de ameţeală
Doi câte doi
Încoronarea gloriei
Oglindă, oglinjoară

Introducere

Suntem obişnuiţi ca ştiinţa să fie ceva îndepărtat, realizat de experţi în laboratoare pline de echipamente ciudate sau folosind utilaje vaste şi foarte tehnice precum Large Hadron Collider. Dar noi toţi avem propriile noastre laboratoare sub forma corpului nostru - structuri extrem de complexe care depind pentru funcţionarea lor de toate faţetele ştiinţei şi ale naturii.

În această carte veţi folosi funcţionarea corpului dumneavoastră ca un instrument de explorare a ştiinţei universului. O parte din această explorare va fi foarte aproape de casă, în timp ce pentru o parte din ea veţi călători neapărat departe de corpul vostru, spre inima stelelor şi dincolo de ele. Aceste tangenţe au întotdeauna un scop, ilustrând ştiinţa fundamentală care stă la baza realităţii şi, în cele din urmă, ne vom întoarce întotdeauna la cea mai miraculoasă dintre construcţii care este corpul uman.

Brian Clegg, 2012

1. În oglindă

Stai în faţa unei oglinzi, de preferinţă pe toată lungimea, şi uită-te bine la tine. Nu privirea obişnuită - analizaţi cu adevărat ceea ce vedeţi. Puteţi deveni puţin timid în acest moment. Este uşor să începi să cauţi imperfecţiunile, să observi acei centimetri în plus pe talie, poate. Dar nu acesta este scopul. Vreau să vă uitaţi cu adevărat la o fiinţă umană.

În această carte vei folosi corpul uman, corpul tău, pentru a explora cele mai extreme aspecte ale ştiinţei. Totul este acolo. Totul, de la chimia indigestiei până la Big Bang şi cele mai greu de rezolvat mistere ale universului, este reflectat în acea structură unică şi compactă. Corpul tău va fi laboratorul şi observatorul tău.

Vă puteţi uita la întregul corp, tratându-l ca pe un singur obiect remarcabil. O creatură vie. Dar puteţi, de asemenea, să vă scufundaţi în detalii, explorând modul în care corpul interacţionează cu lumea din jur sau modul în care utilizează energia din alimente pentru a vă pune în mişcare. Măreşte şi mai mult şi vei găsi undeva între zece şi 100 de trilioane de celule. Fiecare celulă este un pachet sofisticat de viaţă, însă, luată separat, o singură celulă cu siguranţă nu te reprezintă pe tine. Mergeţi şi mai departe şi veţi găsi o chimie complexă abundentă - aveţi o copie a celei mai mari molecule cunoscute în majoritatea celulelor corpului dumneavoastră: ADN-ul din cromozomul 1.

Continuaţi să căutaţi şi mai detaliat şi în cele din urmă veţi ajunge la atomii care alcătuiesc toată materia. Aici numerele tradiţionale devin stângace; un adult tipic este format din aproximativ 7 000 000 000 000 000 000 000 000 000 de atomi. Este mult mai uşor să spunem 7×10^{27}, ceea ce înseamnă pur şi simplu 7 cu 27 de zerouri după el. Asta înseamnă mai mult de un miliard de atomi pentru fiecare secundă în care se crede că a existat universul.

Se întâmplă o mulţime de lucruri în interiorul acelei forme aparent simple pe care o vedeţi în faţa dumneavoastră în oglindă.

Despre reflecţie

Într-o clipă ne vom scufunda pentru a explora universul miniatural care eşti tu, dar să rămânem pe scurt la exterior, uitându-ne la imaginea ta în oglindă. Iată o şansă de a explora un mister care i-a nedumerit pe oameni timp de secole.

Staţi în faţa unei oglinzi. Ridică-ţi mâna dreaptă. Ce mână ridică reflexia ta?

Aşa cum te-ai aştepta din experienţă, reflexia ta ridică mâna stângă.

Iată enigma. Oglinda inversează stânga şi dreapta - un lucru pe care îl considerăm de la sine înţeles. Mâna ta stângă devine mâna dreaptă a reflexiei tale. Dacă îţi închizi ochiul drept, reflexia ta

își închide ochiul stâng. Dacă părul tău este despărțit la stânga, părul reflecției tale este despărțit la dreapta. Cu toate acestea, partea de sus a capului este reflectată în partea de sus a oglinzii, iar picioarele (dacă este vorba despre o oglindă de toată lungimea) sunt în partea de jos. De ce oglinda schimbă stânga și dreapta, dar lasă susul și josul la fel? De ce tratează diferit cele două direcții? Iată o șansă de a gândi științific. Există trei lucruri care influențează modul în care oglinda îți produce imaginea. Modul în care lumina călătorește între tine și oglindă, modul în care detectezi acea lumină (cu ochii) și, în final, modul în care creierul tău interpretează semnalele pe care le primește. Vom explora mai în detaliu toate aceste aspecte ale corpului dvs. mai târziu în carte, dar un aspect semnificativ poate sări imediat în ochi atunci când vă gândiți la procesul de a vă vedea reflexia. Ochii dumneavoastră sunt dispuși orizontal. Aveți un ochi stâng și unul drept, nu ochi de sus și de jos. Ar putea fi acesta motivul pentru care comutarea are loc doar la stânga și la dreapta?

Din păcate, nu. Este o ipoteză destul de bună, dar în acest caz este greșită. Acesta nu este un lucru rău; o mare parte din înțelegerea noastră științifică provine din descoperirea motivelor pentru care ideile sunt greșite. Să încercăm un mic experiment care va ajuta la clarificarea a ceea ce se întâmplă cu adevărat.

Experiment - Despre reflecție
Țineți o carte (sau o revistă) în fața dumneavoastră, închisă, cu coperta spre dumneavoastră. Uitați-vă la carte în oglindă. Ce vedeți? Fiți cât mai precis. Enumerați tot ceea ce puteți spune despre cartea reflectată. Vă ajută acest lucru să explicați de ce funcționează oglinda în acest mod?
Încearcă tu mai întâi, dar iată ce văd eu:
- Cartea din oglindă este tipărită în scris în oglindă, inversată de la stânga la dreapta.
- Cartea reflectată este la fel de departe în spatele oglinzii precum cartea mea este în fața ei.
- Culorile cărții sunt aceleași în oglindă ca și pe partea mea.
- Coperta din față a cărții din oglindă este coperta din spate a cărții mele.

Uitați-vă la ultima afirmație. Dacă eu consider cartea din oglindă ca fiind o carte obișnuită, atunci, pe măsură ce mă uit la ea, coperta din spate a cărții mele a devenit coperta din față a cărții din oglindă. Aici se ascunde explicația misterului oglinzii. Ea nu schimbă stânga și dreapta deloc. Schimbă spatele și fața.

De fapt, ceea ce face oglinda este să întoarcă o imagine pe dos. Partea din spate a cărții mele devine partea din față a cărții în oglindă. Puneți cartea jos și uitați-vă din nou la propria reflexie. Imaginează-ți că pielea ta este făcută din cauciuc și este detașabilă. Scoateți această piele imaginară, treceți-o direct prin oglindă și, fără să o întoarceți, întoarceți-o pe dos. Vârful nasului tău, care era îndreptat spre oglindă, este acum îndreptat în afara oglinzii. Părțile din tine care sunt cel mai aproape de oglindă sunt, de asemenea, cele mai apropiate în reflexie. Întreaga dvs. imagine a fost întoarsă pe dos.

În realitate, nu există nicio schimbare între stânga și dreapta, astfel încât nu trebuie să explicați de ce oglinda tratează acest lucru diferit de sus în jos. Motivul pentru care avem iluzia unei comutări stânga-dreapta se datorează creierului tău. Atunci când vă vedeți reflexia într-o oglindă, creierul dumneavoastră încearcă să transforme reflexia în dumneavoastră. Dacă vă rotește cu 180 de grade și vă pune înapoi în oglindă, reușește o potrivire destul de bună. Această jumătate de rotație întoarce stânga și dreapta. Dar cel mai important lucru pe care trebuie să îl înțelegeți este că nu oglinda efectuează schimbul de stânga și dreapta, ci creierul dumneavoastră, care încearcă să interpreteze semnalele pe care le primește de la oglindă.

Acum, cu misterul oglinzii rezolvat, să începem explorarea universului aruncând o privire asupra unei singure părți, destul de neobișnuite, a corpului tău. Vom investiga un fir de păr uman.

2. Un singur fir de păr

Prindeți ferm unul dintre firele de păr de pe cap și smulgeți-l. Nimeni nu a spus că știința va fi complet nedureroasă. Dacă doriți să faceți acest lucru mai puțin stresant, luați un fir de păr dintr-o perie de păr. Dacă ești chel, pune mâna pe părul altcuiva - dar întreabă înainte! Acum, examinați ce aveți. Este un cilindru lung, foarte îngust, flexibil, dar surprinzător de rezistent având în vedere cât de subțire este.

Uită-te cât mai atent la păr. Dacă poți pune mâna pe un microscop, folosește-l, dar altfel folosește o lupă.

Acest fir de păr ne va iniția în toate domeniile, de la filosofie la fizică. Aveți îndoieli cu privire la cât de filozofic poate fi părul? Gândiți-vă la asta: sunteți în viață, iar acel fir de păr face parte integrantă din dumneavoastră (sau cel puțin așa a fost până când l-ați smuls). Cu toate acestea, firele de păr de pe corpul tău sunt moarte - nu sunt alcătuite din celule vii. Același lucru este valabil și pentru unghiile de la mâini și de la picioare. Așadar, sunteți în viață, dar o parte din ceea ce face parte din „dumneavoastră” este moartă.

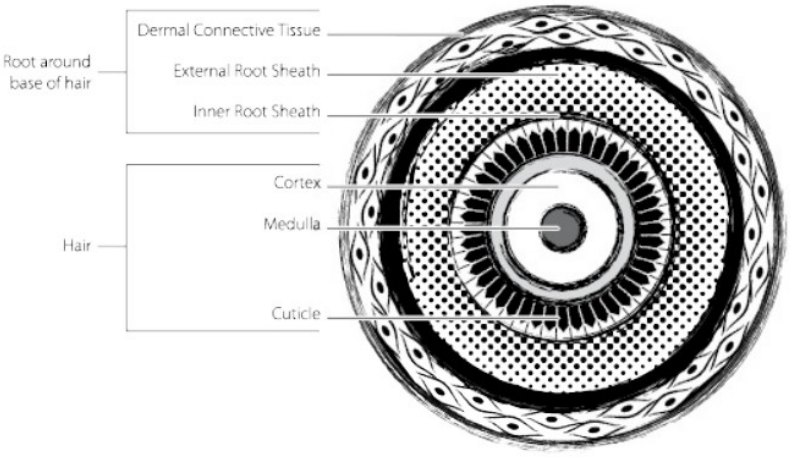
Amintiți-vă acest lucru data viitoare când o reclamă TV vă încurajează să vă „hrăniți” părul. Nu poți hrăni părul. Nu-l poți face sănătos. Este mort. Decedat. A căzut de pe pervazul său metaforic. Ești îngrijorată că părul tău este lipsit de viață? Ei bine, nu fi. Așa ar trebui să fie. Este destul de uimitor cât de multe produse pentru păr sunt promovate folosind conceptul inerent lipsit de sens de „hrănire”.

Vorbim despre un singur fir de păr, dar, desigur, aveți (probabil) mult mai multe fire pe cap. Un cap uman atipic conține în jur de 100 000 de fire de păr, deși cei cu părul blond vor avea de obicei mai mult decât media, iar cei cu părul roșcat mai puțin. Dacă ne uităm la fiecare fir de păr în parte, culoarea care asigură această distincție nu iese în evidență în același mod în care o face pe un cap întreg de păr, dar este totuși acolo.

Culorile naturii

Culoarea părului provine din două variante ale unui pigment numit *melanină*. Una, feomelanina, produce culori roșii. Culoarea părului blond și castaniu se datorează prezenței mai mari sau mai mici a celeilalte variante a pigmentului, eumelanina. Aceasta este forma originală de pigment al părului - părul roșu este rezultatul unei mutații la un moment dat în istoria dezvoltării umane.

Pe măsură ce îmbătrânim, cantitatea de pigment din părul nostru scade, ajungând să dispară cu totul. Firele de păr gri și albe nu au în interior niciun pigment pe bază de melanină. De fapt, ele sunt incolore, dar forma firului de păr și structura sa interioară influențează modul în care lumina trece prin el, producând tonuri gri și albe.



Secțiune transversală a unui fir de păr uman

Structura internă a firului de păr nu este foarte evidentă atunci când ţineţi o singură şuviţă în mână şi o priviţi cu ochiul liber, dar la microscop devine clar că se întâmplă mai mult decât un simplu filament de material uniform. De fapt, firele de păr au trei straturi: unul interior care este în cea mai mare parte gol, unul intermediar (cortexul) care are o structură complexă ce conţine pigmenţii şi poate absorbi apă pentru a se umfla, şi un strat exterior numit *cuticulă*, care pare solzos sub o mărire considerabilă şi care are o piele rezistentă la apă.

La capătul firului de păr, acolo unde l-aţi scos din scalp, pot exista părţi ale foliculului, secţiunea de păr îngropată de obicei sub piele. Foliculul este responsabil pentru producerea restului structurii şi este singura parte a părului care este vie.

Vopsirea pentru a fi atrăgător

Ideea că culoarea părului este produsă de melanine presupune că acesta are o nuanţă naturală, dar mulţi dintre noi şi-au schimbat culoarea părului folosind vopsele la un moment dat sau altul. Vopselele folosesc un mecanism surprinzător de complex pentru a îndeplini sarcina aparent simplă de a schimba culoarea. Nu este ca şi cum ai aplica un strat de vopsea - procesul de vopsire a părului ţine mai mult de laboratorul chimistului decât de salonul de înfrumuseţare.

Într-un proces tipic de vopsire permanentă, o substanţă precum amoniacul este utilizată pentru a deschide firul de păr şi a avea acces la cortex. Apoi, un înălbitor, care este în esenţă un mecanism de adăugare a oxigenului, este utilizat pentru a elimina culoarea naturală. Orice colorare nouă este apoi adăugată pentru a se fixa pe cortexul expus. Vopselele temporare nu trec niciodată de cuticulă; ele se află pe partea exterioară a părului şi, prin urmare, sunt uşor de îndepărtat prin spălare.

Îngrijorări legate de căderea părului

Aproape fiecare fiinţă umană are fire de păr, însă, în comparaţie cu majoritatea mamiferelor, noi suntem foarte puţin dotaţi. Nu strict ca număr - avem aproximativ acelaşi număr de fire de păr ca un cimpanzeu de mărime echivalentă - dar marea majoritate a acestor fire de păr sunt atât de mici încât sunt practic inutile.

Data viitoare când vă este frig sau aveţi un sentiment brusc de teamă, uitaţi-vă la pielea de pe braţe. Ar trebui să puteţi vedea pielea de găină sau coşuri de găină. Acest fenomen legat de păr (într-adevăr, înfiorător) are legătură cu faptul că strămoşii noştri au fost cândva acoperiţi de un strat gros de blană, ca majoritatea celorlalte mamifere. Atunci când ţi se face pielea de găină, muşchii mici de la baza fiecărui fir de păr se încordează, trăgând părul mai drept. Dacă aveţi un strat decent de blană, acest lucru va face ca haina dvs. să fie mai pufoasă, să intre mai mult aer în ea şi să devină un izolator mai bun. Acesta este un lucru bun atunci când îţi este frig, cel puţin dacă ai blană - acum, când ne-am pierdut cea mai mare parte a părului de pe corp, acesta nu face decât să-ţi facă pielea să arate ciudat, fără niciun beneficiu de încălzire.

În mod similar, atunci când suntem speriaţi, avem senzaţia că părul ni se ridică în picioare. Din nou, este o reacţie antică inutilă. Multe mamifere îşi înfofolesc blana atunci când sunt ameninţate, pentru a părea mai mari şi deci mai periculoase. (Apropiaţi un câine de o pisică pentru a vedea versiunea felină a acestui efect în toată splendoarea sa. De asemenea, pisica îşi va arcui spatele pentru a încerca să pară şi mai mare). Se pare că noi obişnuiam să efectuăm o acţiune defensivă similară, dar, din nou, efectul este acum distrus de faptul că suntem relativ lipsiţi de păr. Încă mai simţim senzaţia că ni se ridică părul în cap, dar nu obţinem niciun beneficiu prin creşterea volumului.

Lipsa noastră de protecţie naturală împotriva părului m-a lovit dureros când mi-am plimbat recent câinele. Era o zi rece şi nu eram îmbrăcat corespunzător pentru vreme, purtând un tricou cu mânecă scurtă. Tremuram şi adidaşii mei erau uzi din cauza ierbii ude, aşa că mă strecuram în timp ce mergeam. Când am trecut prin gardul de la un câmp la altul, am reuşit să mă lovesc de o tufă de urzici, care m-a înţepat la ambele braţe.

Dar câinele, cu blana lui groasă și picioarele tare căptușite, era insensibil atât la vreme, cât și la vegetație. Părea mult mai bine pregătită decât mine să supraviețuiască în fața a ceea ce natura îi putea arunca.

M-am întrebat de ce ființele umane sunt atât de prost echipate pentru a face față disconfortului și pericolelor din lumea naturală. Știm că strămoșii noștri îndepărtați aveau o blană bună și groasă de protecție, la fel ca maimuțele din zilele noastre. (Maimuțele din zilele noastre, precum cimpanzeii și gorilele, nu sunt strămoșii noștri, dar este o greșeală care încă se face des în descrierea lor). Pare contraintuitiv ca primii oameni să-și fi pierdut această blană utilă.

Desigur, este o neînțelegere să credem că evoluția are în vedere cele mai bune interese ale noastre. Evoluția nu are o minte sau vreun concept despre ceea ce este bun sau rău pentru noi. Evoluția funcționează de obicei prin selectarea treptată a unor variante subtile care sporesc capacitățile de supraviețuire și reproducere ale membrilor individuali ai speciilor. Nu ia o imagine de ansamblu și se gândește: „Asta e bine, o voi păstra”. Chiar și așa, părea puțin probabil să existe vreun beneficiu evolutiv în pierderea căldurii și protecției acelei haine de blană naturală.

Doar pentru că evoluția ne oferă un set de cărți, nu înseamnă că tot ceea ce primim în mâna noastră genetică este benefic. Nu trebuie să existe un avantaj evolutiv evident doar pentru că am dezvoltat o anumită trăsătură. Este la fel de probabil să fie un efect secundar al unei alte dezvoltări evolutive. De exemplu, multe păsări au aripi care se rup ușor, deoarece oasele sunt subțiri și goale. A avea oase slabe nu este un lucru bun în sine - dimpotrivă, este rău pentru supraviețuire. Cu toate acestea, este necesar să se reducă greutatea păsării suficient de mult pentru ca aceasta să poată zbura.

Există mai multe posibilități pentru a explica de ce a avut sens, din punct de vedere evolutiv, să ne pierdem majoritatea părului. S-ar putea să se fi datorat nevoii de a transpira mai mult pe măsură ce strămoșii noștri au trecut de la pădure la savană - este mai ușor să transpiri cu mai puțin păr, expunând mai multă piele pentru evaporarea transpirației. De asemenea, ar fi putut fi un răspuns la creșterea numărului de paraziți (deși toate maimuțele mari sunt afectate de aceștia). În mod mai exotic, s-a sugerat că primii oameni erau parțial acvatici, iar mai puțin păr pe corp făcea înotătorii mai eleganți (deși multe mamifere semi-acvatice sunt păroase). Dar explicația care funcționează cel mai bine pentru mine este că pierderea părului a fost un efect secundar accidental, la fel ca acele oase de pasăre precar de subțiri.

Pentru a face aliați, pierdeți-vă părul

În urmă cu aproximativ 100.000 de ani, strămoșii noștri îndepărtați au trecut prin schimbările finale care i-au transformat în oamenii moderni. Acesta a fost sfârșitul evoluției noastre până în prezent. Acum suntem aceeași specie biologică ca și atunci. Au existat o mulțime de mici schimbări la nivel genetic, dar ca specie suntem în esență aceiași. Avem același potențial de forță fizică, de longevitate, de atragere a sexului opus, de gândire și multe altele.

Cu multe mii de ani în urmă, predecesorii noștri trecuseră prin schimbări evolutive uriașe față de strămoșul comun pe care îl împărțeau cu cimpanzeii și celelalte maimuțe mari. Preoamenii își pierduseră cea mai mare parte a părului, lăsând la vedere o piele delicată și subțire. Trecuseră de la mersul pe patru picioare la mersul în picioare. Creierul le crescuse disproporționat față de corp, lăsându-i cu capul bombat și greoi (caracteristici neatractive la acea vreme). Gurile lor deveniseră mai mici, făcând dinții mai puțin eficienți ca armă de mușcat. Degetul mare de la picior a încetat să mai fie cu deget opozant care putea fi folosită pentru a prinde o creangă de copac.

Luate împreună, aceste modificări i-au făcut pe preoameni mai vulnerabili la atacurile prădătorilor. Pielea lor goală și neprotejată era jalnic de ușor de sfâșiat de gheare și dinți. Comparativ cu mersul lin, pe patru picioare, al altor maimuțe, mișcările lor clătinate pe două picioare erau dureros de stângace - un iepure putea depăși cu ușurință această creatură ciudată și instabilă. Adaptările care au apărut la preoameni nu par să aibă sens decât ca efecte secundare. Dacă le punem alături de schimbarea de comportament care le-ar fi putut declanșa, ele sunt un preț acceptabil de plătit.

Este probabil ca aceste modificări fizice ale preoamenilor să fi fost un rezultat indirect al unei bulversări a mediului. Pe măsură ce clima globală a suferit schimbări violente, strămoşii noştri au fost împinşi din pădurile protectoare în lumea expusă a savanei. Confruntaţi cu prădători extrem de eficienţi, ei au fost forţaţi să îşi schimbe comportamentul sau să dispară. Pe atunci, majoritatea preoamenilor nu puteau funcţiona bine în grupuri mari. Acest lucru este valabil şi în cazul celor mai multe dintre rudele noastre apropiate. Cimpanzeul, de exemplu, este incapabil să formeze grupuri mari, cooperative. Dacă se adună mai mult de o mână de masculi, rezultatul este un carnagiu sângeros în urma luptelor pentru supremaţie.

Preoamenii care au apărut în savană în urmă cu aproximativ cinci milioane de ani erau probabil la fel. Dar prădătorii rapizi şi ucigaşi ai vremii - de la terifiantul *dinofelis* cu dinţi sabie şi *machairodus* de mărimea leului până la mai cunoscuta hienă - au avut grijă ca lucrurile să se schimbe. Preoamenii care aveau cele mai mari şanse de supravieţuire erau cei cu o tendinţă naturală de a coopera. Strămoşii noştri au început să trăiască în grupuri mai mari, ceea ce le-a dat capacitatea de a înfrunta un prădător şi de a câştiga, în timp ce un grup mic ar fi fost făcut bucăţi. Este foarte posibil ca această schimbare de comportament să fi adus cu sine, ca efecte secundare, toate ciudăţeniile fizice pe care le observăm la omul modern.

Caracteristicile care reprimă agresivitatea şi sporesc capacitatea de cooperare sunt tipice maimuţelor tinere. Incapacitatea verişoarelor noastre primate de a funcţiona în grupuri mari apare doar odată cu maturitatea. Printre predecesorii noştri, indivizii care aveau cele mai mari şanse de supravieţuire în savană, cei cu capacitatea imatură de a se înţelege cu semenii lor în loc să-i facă bucăţi, erau şi cei mai puţin dezvoltaţi fizic. Rezultatul final a fost lipsa părului pe cea mai mare parte a corpului, un cap mare, o gură mică şi chiar poziţia verticală - toate caracteristici din prima parte a ciclului de viaţă al primatelor care, în mod normal, au dispărut în momentul maturizării unui individ.

Ca o paranteză, acest mecanism de selectare a comportamentului cooperant şi de obţinere a unei versiuni infantile a animalului este ceva ce omenirea a reuşit să producă în mod repetat la animalele sale domestice. Câinele, de exemplu, are mult mai multe în comun cu un pui de lup decât cu lupul matur din care a fost crescut. Aceasta nu este doar o chestiune de teorie. În cadrul unui fascinant experiment pe termen lung desfăşurat între anii 1950 şi 1990, geneticianul rus Dmitri Belyaev a crescut selectiv vulpi argintii ruseşti pentru a obţine un comportament docil şi a arătat cât de devreme a reuşit omul să transforme lupul în câine.

Peste 40 de ani - un experiment extrem de lung, dar fără timp în termeni evolutivi - descendenţii vulpii au început să semene cu câinii domesticiţi. Feţele lor şi-au schimbat forma, devenind mai rotunjite. Urechile lor nu mai stăteau drepte, ci se lăsau în jos. Cozile lor au devenit mai moi. Blana lor a încetat să mai fie uniformă, dezvoltând variaţii de culoare şi modele. Petrec mai mult timp jucându-se şi caută în permanenţă să fie conduşi de un adult. Pe măsură ce au devenit mai cooperanţi, au căpătat aspectul fizic şi modelele de comportament ale unor pui de vulpe crescuţi în exces.

Pentru a reveni la oameni, în procesul de a deveni mai cooperanţi şi, astfel, mai infantili (*neoteni* în jargonul ştiinţific), preoamenii şi-au pierdut majoritatea părului, lăsându-ne cu aspectul în mare parte lipsit de păr pe care îl avem astăzi. Cu excepţia, desigur, a capului. Părul de pe cap poate fi extrem de luxuriant şi, spre deosebire de restul părului de pe corp (şi de cel al altor mamifere), acesta continuă să crească.

Ca şi în cazul lipsei generale de păr, există mai multe explicaţii posibile pentru acest lucru. Este foarte posibil ca, iniţial, părul nostru să fi rămas la o lungime aproximativ fixă, dar, în timp, selecţia naturală ne-a orientat către părul de cap care continua să crească. Acest lucru s-ar putea datora faptului că cei care aveau o mutaţie care făcea ca părul să continue să crească aveau creierul mai bine protejat. Sau ar fi putut fi un efect secundar al purtării hainelor, lăsând capul cu cea mai mare nevoie de protecţie de blană. Sau ar fi putut constitui un scut împotriva impactului deplin al soarelui de amiază, care poate fi formidabil (după cum poate depune mărturie oricine are o chelie). Sau ar putea exista o altă explicaţie, cu totul diferită.

Urmărirea „motivului” unei astfel de trăsături evolutive este extrem de dificilă, deoarece nu putem observa direct ce s-a întâmplat sau nu putem face un experiment pentru a testa o anumită teorie. Este ca și cum analiza știrilor ar spune că piața bursieră a scăzut „din cauza lipsei de încredere în guvern” sau din alt motiv. Nimeni nu știe cu siguranță de ce piața a reacționat astfel și, în mod similar, nimeni nu poate dovedi de ce oamenii au dezvoltat o anumită trăsătură. În mod inevitabil, este o chestiune de conjectură.

Pierdut în spațiu

Dar, având în vedere că acum suntem în mare parte lipsiți de păr, în anumite circumstanțe, îmbrăcămintea este esențială pentru supraviețuire. Fie că vă aventurați sub apă sau la Polul Nord, îmbrăcămintea face parte din echipamentul vostru. Și poate cel mai bun exemplu de îmbrăcăminte ca protecție este atunci când cineva se află în spațiu. Corpul tău nu a fost conceput pentru a fi expus la condițiile extreme din spațiu. Temperatura este incredibil de scăzută, ajungând până la -270 °C. Nu există atmosferă. Este literalmente ca nimic de pe Pământ. Cu toate acestea, astronauții fac în mod regulat plimbări în spațiu, protejați doar de îmbrăcăminte specializată.

Este posibil să supraviețuiești în spațiu pentru scurt timp fără protecția adecvată. Hollywoodul adoră să arate ce s-ar întâmpla cu un om expus fără protecție și poate greși în mod spectaculos. Cel mai ridicol exemplu este filmul *Total Recall* din 1990, cu Arnold Schwarzenegger, bazat pe o poveste de Philip K. Dick, în care, expulzați din mediul protejat al unui oraș de pe Marte, oamenii se umflă excesiv înainte ca capetele lor să explodeze în mod dezgustător.

Marte are de fapt o atmosferă slabă (aproximativ 1% din presiunea atmosferică a Pământului) și chiar și în spațiu acest tip de umflare și explozie cauzate de presiunea scăzută nu se vor produce. Ar exista un anumit disconfort pe măsură ce gazul ar ieși din cavitățile corpului, dar nu există pericolul ca capul să se umfle ca un balon.

Este adevărat, însă, că ai experimenta fierberea unor lichide. Cu cât presiunea este mai scăzută, cu atât punctul de fierbere al oricărui lichid este mai scăzut, iar în spațiu – unde presiunea este practic inexistentă – vei avea o senzație neplăcută de uscare a ochilor, pe măsură ce apa se evaporă. Unele opere de ficțiune presupun că și sângele îți va fierbe în vene – o moarte oribilă –, dar, potrivit NASA, presiunea pielii și a sistemului circulator este suficientă pentru a împiedica acest lucru.

O altă îngrijorare este că veți îngheța instantaneu la temperaturile foarte scăzute din spațiu. Dar țineți cont de modul în care un balon cu vid își păstrează conținutul fierbinte. Căldura poate călători prin vid doar sub formă de lumină. Noi primim căldura de la Soare sub formă de lumină, care poate traversa cu ușurință spațiul gol. Desigur, corpurile noastre strălucesc în infraroșu - ele emit un anumit grad de lumină (invizibilă). Dar cea mai mare parte a căldurii pe care o pierdem de obicei este transmisă prin conducție. Căldura din pielea noastră - atomi care se agită cu energie termică - este transmisă atmosferei, astfel încât atomii noștri se agită puțin mai puțin, iar atomii atmosferici se agită puțin mai mult. Acest lucru nu se poate întâmpla în vid.

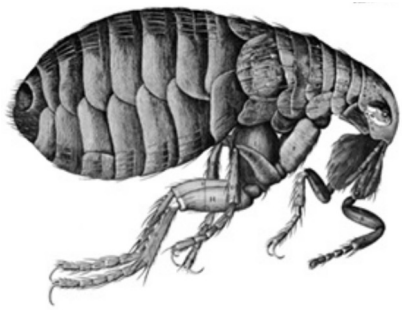
S-ar pierde căldură, dar nu foarte repede. În practică, ceea ce te va ucide în spațiu este pur și simplu lipsa aerului pentru a respira, iar acest lucru va dura câteva secunde. NASA chiar a experimentat ce s-ar întâmpla, atunci când, în 1965, costumul unui subiect de test a avut o scurgere într-o cameră de vid. Victima (care a supraviețuit) a rămas conștientă timp de aproximativ paisprezece secunde în camera fără aer. Potrivit NASA, limita exactă de supraviețuire nu este cunoscută, dar ar fi probabil de unu până la două minute.

Prin urmare, nu există nicio îndoială că hainele pot fi ajutoare importante pentru supraviețuire. Cu toate acestea, în viața de zi cu zi, majoritatea dintre noi trebuie să se descurce în medii în care o mulțime de alte animale se descurcă perfect cu puțină blană și ceva piele întărită pe picioare. După cum demonstrează naturistele, purtarea hainelor este adesea o decizie socială, mai degrabă decât o protecție esențială, și este o decizie pe care o luăm de mult timp. Îmbrăcămintea țesută datează de cel puțin 27 000 de ani - știm acest lucru pentru că la o așezare antică de la Pavlov, în Republica Cehă, a fost găsită argilă cu amprenta unei țesături pe suprafața sa.

Totuși, aceasta nu este cea mai veche dovadă de îmbrăcăminte pe care o avem. La Kostenki, un sat din Rusia, au fost găsite ace de os care datează de aproximativ 40.000 de ani. Acestea par să fi fost folosite pentru a coase împreună piei de animale pentru a crea îmbrăcăminte. Dar cel mai bun indiciu despre cât timp am purtat haine provine de la umilul păduche.

O măsură proastă

Atunci când Robert Hooke a publicat *Micrographia*, probabil cea mai mare încântare și repulsie a fost provocată de ilustrația pliantă a unui păduche. Văzute mărite, acestea sunt paraziți cu un aspect cu adevărat malefic, sugători de sânge specializați care trăiesc pe pielea gazdei lor, sorbind din sângele de dedesubt.



Ilustrația unui purice în Micrographia lui Robert Hooke

După cum știu multe persoane care au copii la școala generală, păduchele de cap este foarte pretențios în ceea ce privește mediul său preferat de la baza firelor de păr de pe cap. Nu găsești păduchi de cap care să se rătăcească în alte părți ale corpului. Dar are un văr care este mai puțin pretențios.

Păduchele corpului uman a evoluat de la păduchele de cap în urmă cu 50.000-100.000 de ani. Nu avem păduchi străvechi pentru a stabili acest lucru, dar această perioadă poate fi estimată analizând variațiile ADN-ului celor două creaturi - cu cât diferența este mai mare, cu atât diviziunea dintre păduchii de cap și cei de corp s-a produs cu mai mult timp în urmă.

Acest lucru este interesant atunci când ne gândim la istoria îmbrăcămintei, deoarece se crede că păduchele de corp s-a putut dezvolta doar după ce am început să purtăm haine. Până atunci, pielea descoperită era prea expusă. Interesant este faptul că această scară temporală de 50 000-100 000 de ani corespunde cu momentul în care oamenii s-au mutat din Africa în zone cu climă mai rece, ceea ce ar fi putut fi stimulentul care a dus la utilizarea hainelor.

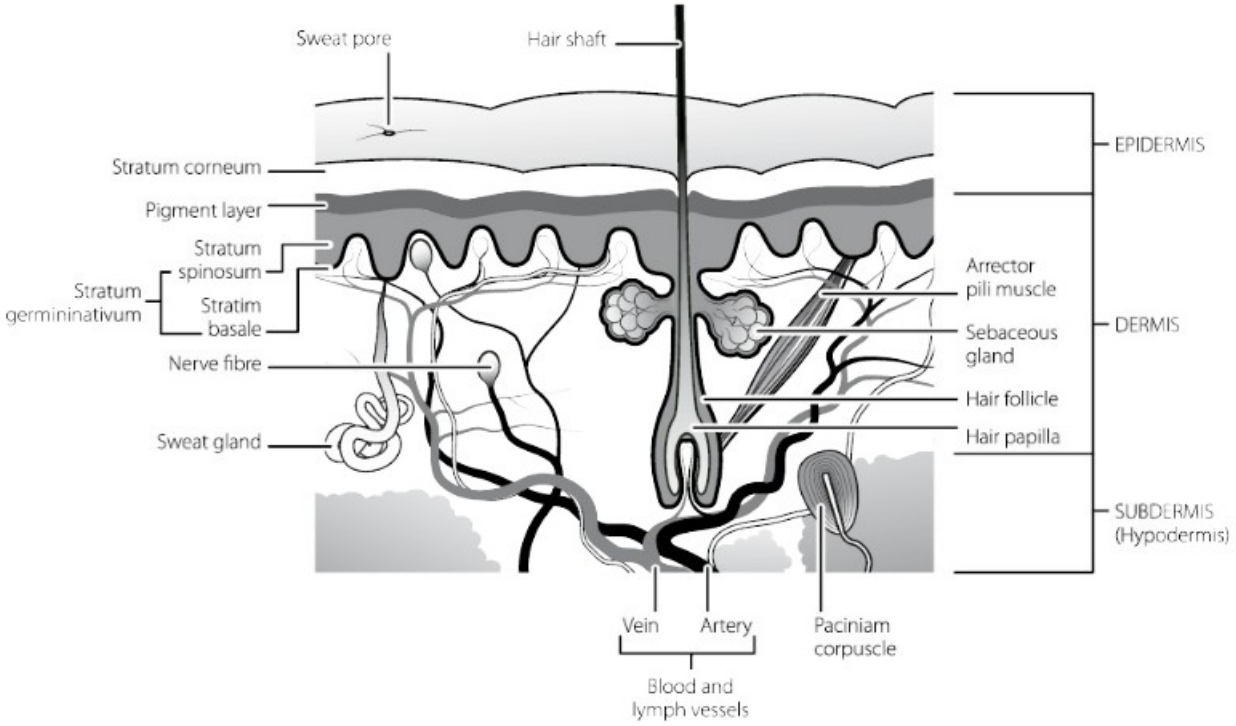
Intrarea în pielea ta

Sub haine, corpul tău este acoperit de piele. La fel ca părul, pielea se bazează pe pigmenți pe bază de melanină pentru a-și obține culoarea. La fel ca părul, stratul exterior al pielii este mort. Fulgii mici care contribuie la praful din jurul casei tale cad de pe această suprafață. Imediat sub acest strat mort, numit strat cornos (la fel ca corneea din ochi, acest „*comeum*” provine din latinescul pentru corn, *cornu*) se află alte două straturi, celulele scuamoase protectoare și celulele bazale. Celulele bazale se ridică la suprafață, unde mor, pentru a forma învelișul exterior, și găzduiesc, de asemenea, un alt tip de celule, *melanocitele*, care produc pigmenții pielii.

Cu cât *melanocitele* produc mai multă melanină, cu atât pielea dumneavoastră este mai închisă la culoare. Starea normală a pielii tale a evoluat pentru a se potrivi cu cantitatea de ultraviolete din lumina în care au trăit strămoșii tăi. Ultravioletele se situează pe spectrul de lumină dintre lumina vizibilă și razele X - sunt suficient de energetice pentru a deteriora ADN-ul din celule, dacă pot penetra straturile exterioare ale pielii. Oamenii cu o istorie de expunere redusă la ultraviolete - în emisfera nordică - tind să piardă melanina din nivelurile originale africane ale strămoșilor lor comuni.

Această reducere a protecției ar putea părea lipsită de avantaje, adăugând doar riscuri în

cazul în care vă expuneți mai mult la lumina soarelui (de exemplu, emigrând în Australia), dar în practică a fost benefică. Acest lucru se datorează faptului că, în ciuda riscului, organismul are nevoie de o parte din ultraviolete, deoarece acestea sunt utilizate pentru a produce vitamina D. Aceasta este o vitamină care este relativ neobișnuită în alimente și de care avem nevoie pentru a evita afecțiuni precum rahitismul. În climatele nordice, unde nu există atât de multă lumină solară, primii coloniști aveau nevoie de mai multe ultraviolete pentru a putea trece.



Structura pielii umane

Acest lucru a dus la o piele mai palidă în zonele nordice, iar melanina cu care au rămas nordicii se poate aduna adesea pentru a forma pete întunecate, formând pistrui și alunițe. Chiar și în zonele în care lumina soarelui tinde să fie slabă, nivelurile de ultraviolete pot varia, astfel încât pielea dispune de un mecanism - bronzul - pentru a face față puterii variabile a UV. Atunci când pielea este expusă la lumina puternică a soarelui, *melanocitele* intră în suprasarcină, producând mai multă melanină și întunecând pielea, permițându-i astfel să absoarbă mai multe ultraviolete și prevenind deteriorarea straturilor inferioare.

Din ce sunt făcute lucrurile?

Keratina, principalul material structural al straturilor exterioare ale pielii și părului, este o proteină. Iar o proteină este o moleculă, o colecție de atomi. Dacă te întorci la firul de păr pe care l-ai smuls din cap și începi să-l mărești, observând tot mai multe detalii, vei ajunge în cele din urmă la elementele fundamentale ale universului. Pentru a înțelege cum este construit corpul tău, trebuie să ne întrebăm din ce sunt făcute lucrurile (inclusiv părul tău)?

Grecii antici aveau două teorii. Ideea dominantă era că totul era alcătuit din patru „elemente” – pământ, aer, foc și apă. Cu toate acestea, o opoziție mică, dar vocală, credea că, dacă iei un lucru și îl tai în bucăți din ce în ce mai mici, vei ajunge în cele din urmă la limita tăierii. Bucata rămasă ar fi de netăiat sau *atomos*: ei credeau că totul era alcătuit din atomi. Această idee a rămas în plan secund timp de aproape 2.000 de ani, până când, la începutul anilor 1800, omul de știință englez John Dalton a elaborat teoria atomică modernă, sugerând că diferitele elemente erau alcătuite din diferite tipuri de particule mici numite atomi, fiecare tip fiind unic pentru un element.

Aceste elemente nu erau cele patru ale grecilor antici, ci substanțe chimice care nu puteau fi obținute din altele. Gaze precum hidrogenul și oxigenul, metale precum fierul și plumbul și alte

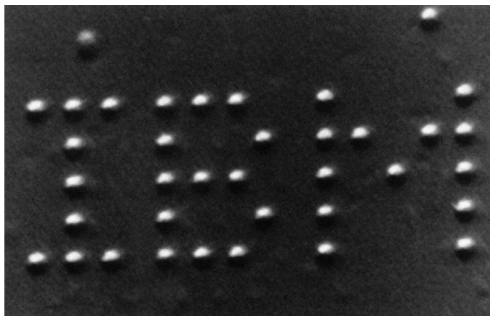
substanțe precum carbonul și sulful (pentru cititorii din Marea Britanie care consideră că acest cuvânt pare ciudat, aceasta este acum ortografia chimică standard la nivel mondial pentru sulf). Cu toate acestea, chiar și la începutul secolului al XX-lea, majoritatea oamenilor de știință credeau că atomii erau doar un concept util pentru a face chimia să funcționeze, mai degrabă decât entități reale. Abia odată cu lucrările începute de Albert Einstein în 1905, atomii au fost în sfârșit considerați reali.

Bătuți de molecule

Atomii sunt un pic ca copiii mici - nu stau niciodată complet nemișcați. Dacă te uiți la un pahar cu apă așezat pe masă, apa pare nemișcată. Cu toate acestea, în interiorul său, moleculele de apă se mișcă frenetic (chiar dacă aleatoriu). Einstein a realizat că un efect observat pentru prima dată de botanistul scoțian Robert Brown în 1827 putea fi explicat prin neîndemânarea acestor molecule energice.

Brown observase că granulele de polen ale unei plante de *primula de seară* dansau într-o picătură de apă când erau observate la microscop. La început, Brown a crezut că acest lucru se datora existenței unei forțe vitale în polen, dar același lucru se întâmpla și cu polenul vechi, cu praful de piatră și cu funinginea. Nu era vorba de viața din polen, ci de activitatea apei în sine care crea această „mișcare browniană”. Einstein și-a dat seama că mișcarea era cauzată de moleculele de apă care se loveau aleatoriu de granulele de polen și a continuat să ofere o bază matematică pentru această teorie. Puțin mai târziu, în 1912, fizicianul francez Jean Perrin a efectuat o serie de experimente care au demonstrat pentru prima dată existența atomilor și a moleculelor.

În mod remarcabil, atomii individuali pot fi acum atât manipulați, cât și observați vizual. În 1989, o echipă care lucra la IBM a fost prima care a utilizat un tip de microscop electronic care poate manipula și vizualiza, pentru a mișca un atom individual. Două luni mai târziu, au aranjat 35 de atomi ai elementului xenon pentru a forma inițialele IBM.



Literele IBM scrise cu atomi de xenon
Pentru imagine, multumim Press Association Images

Puțin mai devreme, în 1980, Hans Dehmelt de la Universitatea din Washington a izolat un singur ion de bariu (un ion este doar un atom căruia îi lipsesc electroni sau căruia i se adaugă electroni suplimentari, conferindu-i o sarcină electrică). Când a fost iluminat cu lumina laser de culoarea potrivită, acel ion de bariu individual a devenit vizibil cu ochiul liber ca un punct strălucitor plutind în spațiu. Ați putea argumenta că nu ați putut „vedea” ionul, ci doar lumina reflectată de acesta – dar asta este tot ce se întâmplă atunci când vedem ceva.

Atomi goi și funduri electromagnetice

Atomii care alcătuiesc corpul tău nu sunt doar foarte mici, ci sunt și compuși în mare parte din spațiu gol. Dacă ai putea comprima toată materia din corpul tău, eliminând golurile, aceasta s-ar înghesui într-un cub cu latura mai mică de 1/500 de centimetru.

Una dintre minunile cosmosului este steaua neutronică, o stea în care atomii s-au prăbușit, pierzând tot spațiul gol. Într-un singur centimetru cub de material din steaua neutronică - o bucată puțin mai mare decât un cub de zahăr - există aproximativ 100 de milioane de tone de materie.

Întreaga stea, mai grea decât Soarele nostru, ocupă o sferă care are aproximativ dimensiunea insulei Manhattan.

Nu există pericolul ca atomii din corpul tău sau din părul tău să se prăbușească ca o stea neutronică - fără atracția gravitațională masivă a stelei, aceștia rămân stabili. Colecții de astfel de atomi formează molecule precum *keratina* din părul tău. Atomii rămân împreună datorită electromagnetismului, una dintre cele patru forțe ale naturii pe care le vom studia mai în detaliu în capitolul 6. O moleculă poate fi formată dintr-un singur element, cum ar fi oxigenul, gazul pe care îl respirăm, care se găsește în molecule de atomi pereche. Sau poate fi un compus, care leagă diferite elemente, de la clorura de sodiu simplă - sarea obișnuită - până la molecule complexe, găsite în organismele vii, cum ar fi *keratina*.

Atomii din care este compus totul nu se ating niciodată între ei. Cu cât se apropie mai mult, cu atât este mai mare repulsia dintre sarcinile electrice ale componentelor lor. Este ca și cum ai încerca să apropii polii identici ai doi magneți extrem de puternici. Acest lucru se întâmplă chiar și atunci când ceva pare să fie în contact cu altceva. Când stai pe un scaun, de fapt nu îl atingi. Corpul tău plutește la o distanță infinitezimală deasupra lui, suspendat de repulsia dintre atomi.

Poate că a trecut ceva timp de când te-ai jucat cu magneți. Ia doi magneți și amintește-ți cât de remarcabilă este interacțiunea dintre ei.

Cumva, repulsia care apare când apropii doi poli identici pare mai magică decât atracția. Totuși, exact asta se întâmplă de fiecare dată când o bucată de materie „intră în contact” cu alta. Interacțiunea este mai degrabă electrică decât magnetică, dar este o repulsie electromagnetică similară cu cea pe care o simți între magneți, care împiedică atomii din fundul tău să alunece între atomii scaunului.

Explorarea interiorului unui atom

La scurt timp după ce s-a dovedit existența atomilor în 1912, s-a constatat că denumirea acestora era inexactă. Atomii nu sunt „netăiabili”. Ei au componente. Oamenii de știință știau deja că există particule încărcate negativ, numite electroni, care pot fi extrase din atomi. La început, se presupunea că acestea erau împrăștiate într-o masă de material pozitiv, ca prunele într-un budincă de prune (o descriere oferită de fizicianul britanic J.J. Thomson). Dar un neozeelandez cu mustață de morsă, care lucra la Cambridge, a demonstrat că lucrurile stau altfel.

Ernest Rutherford a avut ideea de a trage alte particule într-un atom și de a observa cum reacționează acestea – un pic ca și cum ai arunca o minge într-o structură invizibilă și ai folosi modul în care mingea este influențată de ceea ce lovește pentru a afla cum arată acea structură. „Mingea” pe care a folosit-o era o particulă *alfa*, o particulă care fusese descoperită recent și care era emisă de elemente radioactive. (Ulterior, aceasta a fost identificată ca fiind nucleul unui atom de heliu.) Particulele *alfa* produceau mici flashuri atunci când loveau ecrane vopsite cu material fluorescent. Așezându-se în întuneric, asistenții lui Rutherford puteau observa traiectoriile particulelor care erau deviate în lateral atunci când erau aruncate către o bucată de folie de aur.

Cu genul de inspirație care face diferența în știință, Rutherford și echipa sa au căutat și particule *alfa* care se reflectau de atomii din aur direct înapoi către sursă - și, ocazional, una o făcea. Acest lucru era total neașteptat. Rutherford a spus că era ca și cum ai trage cu un obuz de artilerie într-o bucată de hârtie de șervețel și acesta să se întoarcă înapoi spre tine. El și-a dat seama că asta însemna că atomii trebuie să aibă un nucleu mic, foarte dens, încărcat pozitiv, pentru a respinge particulele *alfa* pozitive. Rutherford a stabilit pentru prima dată imaginea familiară a unui atom asemănător unui sistem solar, cu un nucleu pozitiv în centru (a împrumutat cuvântul „nucleu” din biologie). Nucleul era echivalentul Soarelui, iar electronii încărcați negativ erau planetele acestui mic sistem solar.

Puddingul cu prune al lui Thomson nu mai exista. Nucleul era atât de mic în comparație cu întregul atom, încât era descris ca fiind ca o muscă într-o catedrală, de aproximativ 100.000 de ori mai mic decât atomul în ansamblu. Nucleul era format din particule încărcate pozitiv numite protoni, care constituiau 99,9% din masa atomului. Pentru fiecare proton, un electron zbura în jurul exteriorului, echilibrând sarcina electrică, lăsând atomul neutru.

Dar nici această imagine detaliată nu era suficient de bună. În 1932, a fost descoperită o altă particulă în nucleu - *neutronul*. Acesta avea o masă similară cu protonul, dar fără sarcină, şi a ajutat la explicarea unui mister. Există diferite versiuni ale aceluiaşi element, numite *izotopi*. Acestea acţionează în acelaşi mod din punct de vedere chimic, dar atomii au greutăţi diferite. Neutronul a explicat această imagine. Numărul de particule încărcate determină elementul pe care îl aveţi şi modul în care acesta reacţionează chimic. Dar atomi diferiţi ai aceluiaşi element pot avea un număr variabil de neutroni în nucleu, producând o gamă de greutăţi.

Nu este un sistem solar în miniatură

Atunci când ne imaginăm atomii care alcătuiesc corpul nostru, aceasta este imaginea pe care mulţi dintre noi încă o avem despre ceea ce este un atom "cu adevărat", însă ştiinţa a evoluat din 1932. Acum ştim că electronii nu zboară în jurul nucleului precum planetele în jurul Soarelui - modelul sistemului solar pur şi simplu nu funcţionează. Dacă ar fi fost o imagine exactă, am fi avut probleme. Atunci când o particulă încărcată este accelerată, aceasta emite energie sub formă de lumină. Iar orbitarea este o formă de accelerare. Acest lucru se datorează faptului că acceleraţia nu înseamnă o schimbare a vitezei, care este sensul în care tindem să folosim cuvântul, ci mai degrabă o schimbare a vitezei.

Viteza este doar un număr, cum ar fi, de exemplu, 30 de mile pe oră. Dar viteza este mai mult. Este viteză şi direcţie. Astfel, ar putea fi 30 de mile pe oră, spre nord. Orice obiect în mişcare accelerează dacă i se modifică o parte din viteză. Aşadar, chiar dacă se deplasează cu 30 de mile pe oră, accelerează dacă trece de la direcţia nord la direcţia est. Dacă vă gândiţi la un electron care se învârte în jurul unui atom ca o planetă în miniatură, acesta ar schimba mereu direcţia, ar accelera mereu. Asta înseamnă că ar pierde energie sub forma unei rafale de lumină şi ar plonja în nucleu într-o fracţiune infimă de secundă. Fiecare atom din univers s-ar autodistruge instantaneu.

Un salt cuantic

Motivul pentru care nu dispare totul într-o clipită este explicat de teoria cuantică, ştiinţa celor foarte mici. Aceasta ne spune că imaginea familiară a electronilor ca particule mici, care se învârt pe o orbită, este greşită. În orice moment, un electron nu se află într-o singură poziţie. În schimb, se află simultan în mai multe locuri în jurul atomului, fiecare cu probabilităţi diferite, stabilindu-se într-o singură locaţie doar dacă este observat. Este mai bine să ne gândim la ei ca la nişte nori neclari de probabilităţi în jurul exteriorului atomului. Bineînţeles, este mai greu să desenezi aşa ceva, aşa că vechiul model al sistemului solar este încă prezent în multe manuale.

Electronii care produc acest „puf” în exteriorul atomilor pot exista doar cu anumite niveluri de energie. Este ca şi cum ar merge pe şine. Le puteţi da un impuls de energie, caz în care vor sări pe următoarea şină. Dar nu le puteţi da o cantitate intermediară de energie; ele nu pot ajunge niciodată între şine. Aceste „pachete” fixe de energie se numesc *cuante*, de unde provine denumirea de „teorie cuantică”.

Aceasta înseamnă, de asemenea, că termenul „salt cuantic” este utilizat foarte ciudat în limbajul cotidian. Un salt cuantic este saltul dintre o şină şi următoarea. Este cea mai mică modificare posibilă a energiei unui electron care poate exista. Prin urmare, este destul de ciudat că în uzul general termenul a ajuns să însemne o transformare cu adevărat semnificativă.

De obicei, energia necesară pentru a împinge un electron la un nivel superior (analogia cu „şina” este a mea, nu este de uz general) este furnizată de lumină. Lumina transportă energie (şi este bine că o face, deoarece astfel energia Soarelui ajunge la noi prin vidul spaţial) şi oferă electronilor impulsul necesar. În mod similar, când un electron coboară la un nivel inferior, emite lumină. Dar, deoarece electronul se poate deplasa doar de la o şină la alta, această energie se prezintă sub formă de pachete - *cuante*. Lumina vine în pachete - particule - numite *fotoni*.

Farmecul quarcilor

Corpul tău este format din molecule, fiecare conţinând atomi, fiecare dintre aceştia având o

structură internă de protoni, neutroni și electroni. Dar știm acum că vechea imagine a protonilor și neutronilor ca obiecte fundamentale din centrul atomului este, de asemenea, greșită. Protonii și neutronii sunt amândoi compuși din particule cu adevărat fundamentale numite *quarci*. Există destul de multe tipuri de *quarci*, descrise prin „aroma” lor (nu, serios). Diferitele arome includ *farmec*, *ciudățenie*, *vârf* și *fund*, dar cele care ne interesează sunt *sus* și *jos*. Un proton este compus din doi *quarci* sus și unul jos, în timp ce un neutron este compus din doi *quarci* jos și unul sus.

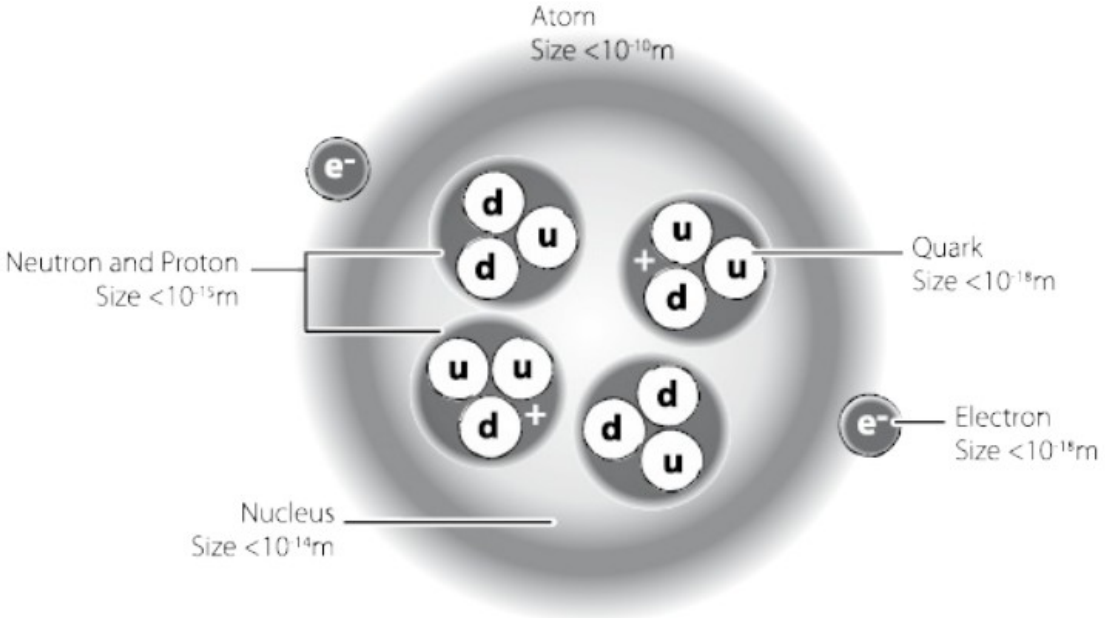
Toate acestea funcționează în termeni de sarcină electrică, deoarece *quarcurile* **up** au o sarcină de 2/3, iar *quarcurile* **down** au o sarcină de -1/3, rezultând o sarcină pozitivă de 1 pentru proton și nicio sarcină totală pentru neutron. Pare greșit ca o particulă să aibă o fracțiune de sarcină, iar *quarcurile* nu sunt de fapt 1/3 sau 2/3 din nimic - ele sunt unitățile reale de sarcină. Cu toate acestea, deoarece protonii și electronii erau singurele particule cunoscute când au fost stabilite pentru prima dată aceste numere, suntem blocați cu treimi.

Acest nume ciudat, *quark*, este adesea pronunțat astfel încât să rimeze cu **lark**, dar când fizicianul american Murray Gell-Mann a conceput ideea, el a vrut să rimeze cu **cork**. El a venit cu sunetul „*kwork*” fără să se gândească la cum se scrie. Dar apoi a dat peste o frază din *Finnegans Wake* de James Joyce: „*Three quarks for Muster Mark!*” Modul în care *quark*-urile apar în grupuri de câte trei a făcut textul foarte potrivit, așa că Gell-Mann a adoptat ortografia, chiar dacă nu se potrivea cu pronunția lui.

Modelul standard dezordonat

Cu *quark*-urile ai ajuns cu adevărat la ceea ce nu poate fi divizat – o parte dintr-un tablou mai mare pe care oamenii de știință îl folosesc pentru a descrie toate particulele care alcătuiesc corpul tău și restul universului.

Fizicienii au creat ceva numit „modelul standard”, care descrie tot ceea ce știm că există, bazându-se pe aproximativ nouăsprezece particule fundamentale diferite. Douăsprezece dintre acestea sunt particule de materie, precum *quarcurile* și electronii, plus câteva variante mai obscure găsite în reacțiile nucleare și experimentele cu coliziuni. Alte cinci sunt particule speciale care transportă forțe. De exemplu, fotonul este atât o particulă de lumină, cât și un purtător al forței electromagnetice de la un loc la altul.



Structura unui atom: la scara prezentată pentru nucleu, întregul atom ar avea aproximativ zece kilometri în diametru

Există, de asemenea, câteva particule care pot exista sau nu - gravitonul, care ar fi particula care transportă gravitația, dacă gravitația este într-adevăr o forță care vine în bucăți cuantice ca și

celelalte (deocamdată acest lucru nu este pe deplin susținut de teorie). Și apoi mai este *bosonul* Higgs, ținta principală a uriașului Large Hadron Collider de la CERN, care este o particulă evazivă despre care se crede că conferă masă altor particule.

Pentru a complica și mai mult lucrurile, fiecare particulă are o antiparticulă. Antimateria sună ca ceva din *Star Trek* (și, de fapt, așa ar trebui să funcționeze motoarele navei Enterprise), dar este foarte reală. Antimateria este la fel ca materia obișnuită, dar unele dintre proprietățile sale, cum ar fi sarcina, sunt inversate. Toate cele douăsprezece particule de materie au un echivalent de antimaterie. De exemplu, electronul are anti-electronul, mai cunoscut sub numele de pozitron, care are o sarcină pozitivă în loc de una negativă.

Dacă materia și antimateria sunt aduse împreună, ele se distrug reciproc, iar masa lor este transformată în energie. Deoarece energia din materie este cuantificată prin celebra ecuație a lui Einstein $E=mc^2$, iar **c**, care este viteza luminii, este un număr foarte mare, se produce o cantitate foarte mare de energie atunci când materia și antimateria se combină. Un kilogram de antimaterie, care se anihilează cu o cantitate echivalentă de materie, generează echivalentul unei centrale electrice tipice care funcționează timp de aproximativ doisprezece ani. (În funcție de antimateria utilizată, în reacție pot fi produse particule secundare numite *neutrini*, care pot reduce cu jumătate producția de energie, dar acest aspect este relativ nesemnificativ.) Antimateria este cea mai compactă formă de stocare a energiei pe care o avem. Ea conține de 1.000 de ori mai multă energie decât combustibilul nuclear.

Deși acest zoo de particule diferite funcționează destul de bine pentru a explica tot ceea ce intră în materia din care este alcătuit părul tău - și orice altceva cu masă sau energie - este o modalitate confuză de a privi lucrurile, iar oamenii de știință ar dori să aibă o imagine mai simplă pentru a se ocupa de fundamentele realității. De ani de zile, fizicienii au dezvoltat teorii concurente pentru a realiza acest lucru, dar până acum niciuna nu este satisfăcătoare.

Este solidă, lichidă sau gazoasă?

Lăsând deoparte astfel de considerații teoretice, o întrebare interesantă pe care o putem pune când ne uităm la părul nostru este din ce fel de material este făcut. Probabil că la școală ați învățat că toată materia este solidă, lichidă sau gazoasă. Deoarece părul nu este în mod evident lichid sau gaz, trebuie să fie solid, dar ceva atât de flexibil și maleabil nu se potrivește cu conceptul nostru imediat de solid. Tendința noastră este să considerăm un solid ca fiind rigid, nu maleabil. Nisipul este un alt exemplu bun de substanță care nu se potrivește cu clasificările simpliste. Gândiți-vă la o mână de nisip - fără îndoială, nisipul este format din particule solide, dar curge printre degete ca un lichid.

Ne putem face o idee mai bună despre aceste „stări ale materiei” pornind de la una dintre puținele substanțe pe care le experimentăm ca fiind solide, lichide și gazoase - apa. Din aceasta aflăm că distincția dintre cele trei stări ale materiei este dublă. Atomii sunt de obicei mai îndepărtați unii de alții și se mișcă mai repede pe măsură ce trecem de la solid la lichid și la gaz. Toți atomii și moleculele se mișcă, dar într-un solid acestea se mișcă într-un cadru bine stabilit de legături - legături electromagnetice între molecule. Într-un lichid, există încă legături, dar acestea sunt mai puțin substanțiale și nu au o structură stabilă. Într-un gaz, moleculele acționează destul de independent.

Acest lucru face să pară că există un continuum între stări, însă acestea sunt clar definite. Este adevărat că, de exemplu, în stare lichidă, moleculele de apă vor scăpa constant în stare gazoasă (evaporare), dar dacă doriți să transformați un corp de apă în gaz, trebuie să îl încălziți la temperatura potrivită, punctul de fierbere, și apoi să îi dați căldură suplimentară („căldura latentă a fierberii”) pentru a elimina legăturile finale și a elibera moleculele.

A patra stare a materiei

Știința care v-a fost predată la școală s-a oprit probabil la ideea victoriană că există trei stări ale materiei, dar de fapt există în total cinci stări. A patra este una pe care ați experimentat-o de

multe ori - este o stare mult mai evidentă decât gazul - dar, deoarece știința noastră școlară este atât de puternic blocată în viziunea asupra lumii din secolul al XIX-lea, chiar și mulți adulți nu știu că există, decât ca o etichetă în legătură cu televizoarele cu ecran mare. Este vorba despre *plasmă*.

Aici trebuie clarificat un potențial punct de confuzie, mai ales că punctul nostru de plecare în această carte este corpul dumneavoastră Această plasmă despre care discutăm nu are nimic de-a face cu plasma sanguină. Plasma sanguină este lichidul incolor în care plutesc celulele sanguine. Plasma, în sensul fizicii, este a patra stare a materiei, cea care vine după gaz. (De fapt, niciuna dintre utilizările cuvântului nu este deosebit de bună, deoarece „plasmă” însemna inițial ceva format sau modelat, iar ambele tipuri de plasmă sunt lipsite de formă).

Faptul că dicționarul meu îl definește ca fiind ”un gaz în care există ioni mai degrabă decât atomi sau molecule” arată cât de prost este înțeleasă *plasma*. Să nu ne preocupăm pentru moment de acești ioni, dar să observăm cât de confuză a fost gândirea autorului dicționarului. A defini astfel o plasmă este similar cu a numi un lichid „un gaz foarte dens cu proprietăți fluide”. O *plasmă* seamănă cu siguranță mai mult cu un gaz decât cu un lichid, la fel cum un gaz seamănă mai mult cu un lichid decât cu un solid, dar este totuși altceva; o stare diferită a materiei.

Am spus că *plasmele* sunt mai evidente decât gazele deoarece sunt de obicei foarte vizibile. Soarele este o imensă minge de plasmă. Fiecare flacără conține plasmă, deși flăcările pe care le întâlnim de obicei sunt destul de reci din punct de vedere al *plasmei*, astfel încât, de obicei, constau dintr-un amestec de *plasmă* și gaz. La fel cum un gaz este ceea ce se întâmplă cu un lichid dacă continuați să îl încălziți dincolo de un anumit punct, la fel o *plasmă* este ceea ce se întâmplă cu un gaz dacă continuați să îl încălziți suficient de mult.

Pe măsură ce gazul devine din ce în ce mai fierbinte, electronii din jurul atomilor din gaz primesc din ce în ce mai multă energie. În cele din urmă, unii au suficientă energie pentru a zbura și a lăsa atomul în urmă. Majoritatea atomilor au o tendință naturală de a pierde sau de a câștiga electroni. Atomii care pierd ușor electroni fac acest lucru și sfârșesc ca un ion încărcat pozitiv. Atomii care câștigă ușor electroni îi iau pe cei rămași de la ionii pozitivi și devin ioni încărcați negativ. Ionii sunt doar atomi încărcați cu electroni lipsă sau electroni adăugați. O substanță care a fost încălzită atât de mult încât atomii săi devin ioni este o *plasmă*.

Plasmele sunt foarte frecvente dacă luăm în considerare universul ca întreg. La urma urmei, stelele sunt obiecte destul de mari. S-a sugerat că până la 99 % din materia detectabilă a universului este *plasmă*. În parte, acest lucru se datorează faptului că *plasmele* strălucesc, astfel încât sunt mai ușor de observat. Deși *plasmele* sunt asemănătoare gazelor, nefiind extrem de dense, ele sunt foarte diferite de gaze. De exemplu, gazele sunt izolatoare destul de bune, în timp ce *plasmele* sunt conductoare superbe.

Experiment - Starea cremei

De obicei, ne gândim la schimbarea stării materialelor ca urmare a variațiilor de temperatură. Răciți apa și aceasta devine gheață. Încălziți o bucată de metal și aceasta devine metal topit (lichid). Dar presiunea poate avea, de asemenea, un efect dramatic asupra unor materiale. Vopselele tixotropice care nu picură trec de la forma de gel (un gel este un solid maleabil) la cea de lichid atunci când sunt agitate. Dar cea mai spectaculoasă și distractivă demonstrație a efectului presiunii asupra stării materiei este oferită de crema de ouă.

Amestecați pudra de cremă cu apă astfel încât să obțineți un lichid galben gros. Turnați puțin într-un castron. Acum introduceți degetul mare și degetul mic în lichid la o distanță de câțiva centimetri unul de celălalt și strângeți-le împreună. Lichidul devine o pudră uscată sub presiunea degetelor. Atâta timp cât mențineți presiunea, va rămâne solidă - o puteți scoate cu ușurință din castron - dar de îndată ce relaxați presiunea, se va transforma din nou în lichid și va picura din degetele dumneavoastră.

Această calitate face posibilă deplasarea pe suprafața unei bălți de cremă. Pentru a vedea acest lucru în acțiune, vizitați www.universeinsideyou.com. Selectați ”Experiments” și faceți clic pe Walking on Custard.

Intrați în starea de condensat

A cincea stare a materiei nu este cremă, dar este la fel de ciudată. Într-o zi bună, oamenii de știință pot veni cu termeni impresionant de rapizi. „Plasmă” este destul de bun. La fel sunt și „foton” și „quarc”. Prea adesea, însă, ei găsesc un nume pe care nimeni întreg la minte nu vrea să îl pronunțe - încercați să spuneți asta de cinci ori foarte repede. A cincea stare a materiei este un condensat Bose-Einstein.

Aceasta este o stare situată la celălalt capăt al scalei de temperatură față de o *plasmă*. De fapt, înainte de a vizita condensatul, merită să ne gândim pe scurt la temperatură. Ce este temperatura? Este cât de fierbinte este ceva - destul de corect. Pentru a încălzi lucrurile trebuie să introducem energie în ele. Dar ce se întâmplă în timp ce facem acest lucru? Atomii sau moleculele din material se accelerează. Chiar și într-un solid, atomii se mișcă cu energie. Într-un lichid, atomii se deplasează, în timp ce într-un gaz se mișcă ca o rachetă pozitivă.

Atunci când folosiți un termometru pentru a vă măsura temperatura corpului (în jur de 37°C), luați o măsură medie a energiei de mișcare a particulelor care vă alcătuiesc. Dacă nu ești sigur că există o diferență de energie doar pentru că ceva se mișcă mai repede, imaginează-ți că ești lovit de o minge de tenis la 5 kilometri pe oră, apoi la 500 de kilometri pe oră. A doua lovitură ar durea mult mai tare datorită energiei suplimentare.

Dacă nu ai ști că temperatura se referă la mișcarea atomilor dintr-un material, ai putea crede că poți răci lucrurile la nesfârșit, făcându-le din ce în ce mai reci, atât cât dorești, presupunând că mecanismul tău de răcire este suficient de bun. În practică, însă, poți încetini atomii sau moleculele doar până la un anumit punct. În cele din urmă, aceștia se vor opri. Această temperatură, imposibil de atins în practică deoarece particulele cuantice nu se pot opri complet, este zero absolut.

Această temperatură extrem de scăzută este de aproximativ -273,16 °C. Cu toate acestea, oamenii de știință folosesc adesea o scară de temperatură care are unități de măsură de aceeași mărime ca și Celsius, dar care începe în mod logic cu zero la zero absolut. Aceasta este scala Kelvin, astfel încât 0 °C este aproximativ 273 K pe această scală. (Pentru cei care apreciază detaliile pedante, unitățile de măsură ale scalei Kelvin sunt *kelvini*, cu **k** mic, dar simbolul este **K** mare. Spre deosebire de Farenheit și Celsius, nu există „grade” – astfel încât punctul de îngheț al apei este 273,16 K, nu 273,16 °K.)

Când materialele se apropie de zero absolut, încep să se comporte foarte ciudat. Unele substanțe devin condensate (din punct de vedere tehnic, există două variante, Bose-Einstein și Fermionic, dar să nu ne preocupăm prea mult de detalii aici). Un *condensat* este o stare a materiei în care particulele care îl compun își pierd individualitatea. Acest lucru duce la comportamente ciudate, cum ar fi superfluiditatea, în care substanța nu are absolut nicio rezistență la mișcare. Superfluidele ies din recipiente de la sine, deoarece nu există rezistență la mișcarea aleatorie a moleculelor. Dacă porniți un superfluid care se rotește într-un inel, acesta va continua la nesfârșit. Apoi, există supraconductori, care nu au rezistență electrică.

Piesa de rezistență a lumii *condensatelor* este modul în care un condensat Bose-Einstein interacționează cu lumina. Deoarece condensatul se află la jumătatea distanței dintre materia normală și lumina însăși, acesta poate interacționa cu lumina într-un mod ciudat, încetinind-o până la viteza de târâre sau chiar aducând-o la o oprire efectivă. Acest amestec ciudat de lumină și materie se numește „stare întunecată”, un nume romantic care se potrivește bine unui fenomen atât de ciudat.

Fiecare tip de materie

Acestea sunt cinci stări ale materiei. În partea de sus, *plasma*, o colecție de ioni de mare energie. Apoi un gaz, apoi un lichid, apoi un solid. În sfârșit, la limitele extreme ale frigului, *condensatul* Bose-Einstein. Este ușor să ne gândim la materiale - materiale - ca la o știință obișnuită și plictisitoare. Cu toate acestea, în acel fir de păr individual se petrec multe lucruri remarcabile.

Priviți suficient de atent și veți vedea molecule, formate din atomi. După cum am văzut, fiecare atom are nucleul său format din protoni și neutroni (cu excepția hidrogenului, care este atât

de mic încât nucleul său este format dintr-un singur proton) și norul de electroni care îl înconjoară. Fiecare dintre particulele din nucleu este formată dintr-un triplet de *quarcuri*. Aceste elemente de construcție simple sunt responsabile nu numai pentru structura relativ simplă a părului, ci și pentru toată complexitatea care intră în corpul tău.

Tu ești ceea ce mănânci

Dar de unde provin componentele corpului tău? Unde erau acei atomi înainte de a fi încorporați în tine? În secolele anterioare, ei se plimbau în jurul planetei, fiind implicați în tot felul de reacții. De exemplu, există foarte mult carbon în corpul tău. De unde provine acesta? De la plante și animale, care la rândul lor l-au obținut de la alte plante și animale. Și dacă mergi suficient de departe de-a lungul lanțului, vei ajunge la un vegetarian. Deci, în cele din urmă, tot carbonul provine de la plante. Dar de unde l-au obținut? Din aer.

Plantele au minunata capacitate de a se construi în mare parte din aer. Suntem obișnuiți ca dioxidul de carbon să fie tratat ca un băiat rău din cauza rolului său de gaz cu efect de seră, dar țineți cont de faptul că cea mai mare parte a carbonului care este încorporat în plante provine din dioxidul de carbon pe care acestea îl extrag din atmosferă. Acest lucru este foarte bine, deoarece plantele pompează apoi oxigenul rezidual, acesta fiind singurul motiv pentru care putem respira.

Așadar, înainte de a fi în alte animale și plante, o parte din atomii voștri se aflau în aer. Unii proveneau din sol și din apă. Dacă ne întoarcem suficient de mult în timp, mulți dintre ei vor fi stat în alți oameni din istorie. Există atât de mulți atomi într-o persoană (7×10^{27}) încât, după un timp, mulți dintre ei vor fi reciclați în alte ființe umane. Corpul tău conține atomi de la regi și regine, nobili războinici și bufoni de curte.

Acest lucru este subtil diferit de sugestia că fiecare respirație pe care o faceți conține un atom sau doi care au fost respirați de Marilyn Monroe. Atmosfera se mișcă cu suficientă vigoare pentru a amesteca aceste respirații în întreg și pentru a introduce atomul ciudat în următoarea ta gură de aer proaspăt. Dar atomii care au format-o pe Marilyn nu au avut timp să se răspândească în întreaga lume și să ajungă în corpul tuturor. Unii oameni îi vor avea, dar nu toți. Totuși, dacă avansăm cu câteva sute de ani în timp, va fi destul de sigur că moleculele din Marilyn se vor afla în corpul fiecărei persoane.

Componente care datează dinaintea Pământului

Atomii din interiorul tău circulă pe Pământ de la începutul vieții, cu peste trei miliarde de ani în urmă. Fosilele pot fi folosite pentru a urmări viața în rocile care s-au format în urmă cu aproximativ 3,2 miliarde de ani, iar data poate fi împinsă cu câteva sute de milioane de ani în urmă pe baza substanțelor chimice care sugerează existența vieții. Dar înainte de asta, atomii erau încă acolo. Nu au apărut din senin. Atomii care te compun erau prezenți când s-a format Pământul, acum 4,5 miliarde de ani (cu excepția câtorva care au ajuns ulterior pe meteoriți din spațiul cosmic).

Înainte de asta, au plutit prin spațiu timp de eoni. Unii există de la începutul universului. Conform teoriei Big Bang, cea mai bună idee a noastră despre cum a început universul, tot hidrogenul din univers și o parte din heliu și litiu au fost create când rămășițele Big Bang-ului care au format universul s-au răcit suficient pentru a nu mai fi energie pură și au format materie. Deci, hidrogenul din apă și moleculele organice din corpul tău datează de la începutul universului.

După un timp, o parte din acest hidrogen s-a aglomerat, atras de gravitație, și a format stele, care ard în perioada de tinerețe prin transformarea hidrogenului, cel mai ușor element, în elementul următor, heliul. Când cea mai mare parte a hidrogenului este consumată, și heliul poate fi consumat, transformând elementele până la fier. Și aici au fost create elemente precum carbonul și oxigenul, care sunt atât de importante pentru viață.

Mai târziu, unele dintre aceste stele au devenit instabile și au explodat în explozii catastrofale numite supernove. Stelele obișnuite nu au suficientă energie pentru a produce elemente mai grele decât fierul, dar supernovele au atâta putere încât pot crea elemente până la uraniu, cel mai greu dintre elementele naturale.

Asta înseamnă că, literalmente, eşti praf de stele. Atomii din părul pe care îl ţii în mână şi din fiecare parte a corpului tău provin fie din Big Bang – deci au 13,7 miliarde de ani – fie dintr-o stea, ceea ce înseamnă că au între şapte şi douăsprezece miliarde de ani. Componentele părului tău – şi ale oricărei alte părţi a corpului tău – sunt cu adevărat vechi. Tindem să considerăm universul explorat de astronomi ca fiind foarte îndepărtat şi fără legătură cu viaţa de pe Pământ. Cu toate acestea, fiecare atom din interiorul tău a fost odată acolo, a făcut parte din cosmosul mai larg.

O presă de praf stelar

Asta te face destul de special. Atomii sunt o raritate în univers. Nu sunt foarte mulţi. Poate părea improbabil, având în vedere toate lucrurile pe care le vedem în jurul nostru, fără să mai vorbim de toate stelele şi galaxiile din univers, dar universul este foarte mare. Se estimează că în universul observabil, adică în toată partea din univers pe care o putem vedea, există aproximativ 10^{80} de atomi. Distanţele în spaţiu tind să fie măsurate în ani-lumină, distanţa parcursă de lumină într-un an. Deoarece lumina se deplasează cu aproximativ 300.000 de kilometri pe secundă, un an-lumină are aproximativ 9,5 trilioane de kilometri. Iar universul vizibil are o diametru de aproximativ 90 de miliarde de ani-lumină.

Spunem „universul vizibil” deoarece nimeni nu ştie cu siguranţă cât de mare este universul. Cu toate acestea, există destul de multe dovezi care sugerează că universul a luat naştere în urmă cu aproximativ 13,7 miliarde de ani. Aşadar, putem vedea doar lumina care a călătorit timp de 13,7 miliarde de ani (de fapt, puţin mai puţin, dar să nu ne preocupăm de asta). Dacă totul ar fi rămas neschimbat, universul vizibil ar avea un diametru de aproximativ 27 de miliarde de ani-lumină, dar universul s-a extins de la începuturile sale. Aşadar, punctul din care lumina a pornit acum 13,7 miliarde de ani se află acum la o distanţă de aproximativ 45 de miliarde de ani-lumină.

Universul este atât de mare încât, dacă ai distribui uniform în spaţiu toţi atomii din el, ar exista doar un atom de oxigen la aproximativ 6.250 de metri cubi. Gândeşte-te la asta în termeni de corp uman. De departe, cea mai mare componentă a corpului tău, din punct de vedere al masei, este apa. Şi cea mai mare parte a masei apei este oxigenul - deci cea mai mare componentă atomică a corpului tău este oxigenul, care reprezintă aproximativ 65% din masa ta. Deci, dacă toată materia din univers ar fi distribuită uniform, pentru a furniza oxigenul din tine ar fi nevoie de conţinutul a peste 9×10^{30} metri cubi de spaţiu. Un cub de douăzeci de milioane de kilometri pe fiecare latură; asta înseamnă de peste 50 de ori distanţa până la Lună.

Gândeşte-te încă o dată la părul de pe capul tău. Oamenii sunt foarte mândri când îşi descopăr genealogia pe câteva generaţii. Dacă o casă de ţară a aparţinut aceleiaşi familii timp de 400 de ani, ei se consideră ceva special. Dar părul pe care îl ţii în mână conţine elemente recoltate din spaţiu, unii dintre atomii săi provenind chiar din Big Bang, şi toţi având o vechime de peste cinci miliarde de ani. Asta numesc eu a avea strămoşi.

Părul tău, aşa cum ai descoperit mai devreme, este mort. Dar acum este timpul să trecem la semnele vieţii. Şi ce sugerează mai mult viaţa decât sângele?

3. Închis într-o celulă

Cu siguranță v-ați tăiat la un moment dat și ați văzut cum sângele roșu intens a ieșit din rană. Dacă aveți la îndemână un ac sterilizat și doriți să vă înțepați biluța degetului mare pentru a observa mai îndeaproape o picătură, nu ezitați (cu condiția să nu aveți probleme medicale care să facă acest lucru periculos) - dar nu este esențial. Dacă vă decideți să încercați, pe măsură ce înțepați acul, s-ar putea să simțiți nevoia să înjurați. Și acesta nu este neapărat un lucru rău.

Blestemarea durerii

Cercetările efectuate în 2009 au sugerat că există un motiv întemeiat pentru care avem tendința de a striga înjurături atunci când ne facem rău. Comparând efectele înjurăturilor cu utilizarea cuvintelor uzuale, s-a descoperit că înjurăturile sporesc capacitatea de a tolera durerea și scad intensitatea durerii resimțite. Conform cercetării, această ușurare nu s-a aplicat bărbaților cu tendința de a „catastrofiza”. Având în vedere că acest cuvânt nu se află în *Dicționarul Oxford English*, nu sunt pe deplin sigur ce înțeleg oamenii de știință prin el - eu pot doar să presupun că este o tendință de a fi o regină a dramei.

Concluzia cercetării a fost că înjurăturile ar putea rupe legătura dintre teama de durere și senzația de durere, reducând suferința autoindusă. Indiferent dacă acest lucru ajută sau nu, este nevoie de o cantitate mică de suferință dacă doriți să aruncați o privire la acea picătură din sângele dumneavoastră.

Un lichid viu

Iată ceva foarte diferit de părul lipsit de viață. Nu există nicio îndoială că sângele tău este activ într-un mod în care părul tău nu este. Cu toate acestea, nu este ușor să spunem în ce moment trecem de la ceva mort la ceva viu. La nivel atomic, sângele nu este diferit de părul tău sau, de altfel, de o piatră. Amestecul specific de atomi poate fi diferit - există o cantitate semnificativă de fier în sânge, de exemplu - dar ambele sunt totuși alcătuite din ansambluri de atomi sub formă de diverse molecule. Cu toate acestea, sângele „viu” și părul mort sunt diferite.

A decide cu certitudine dacă ceva este viu sau nu este o sarcină surprinzător de dificilă. Înainte de a continua lectura, încercați să enumerați cel puțin șase lucruri care disting ceva viu de ceva care nu este viu.

La un moment dat, se credea că există o „forță vitală”, o formă de energie prezentă în ființele vii, dar care dispărea odată cu moartea lor. Dar această energie nu a fost niciodată detectată, iar forța vitală nu mai este luată în serios în afara pseudoștiinței și a metaforei („astăzi pare plină de energie”).

Semnele vieții

În schimb, biologii caută șapte semne care indică existența vieții, cunoscute sub numele de procese vitale. Viața este, de fapt, definită mai degrabă prin ceea ce face decât prin ceea ce este. Aceste șapte procese sunt:

- Mișcarea – chiar și plantele se mișcă în timp; observați cum floarea-soarelui urmărește soarele
- Nutriția - consumul de ceva pentru a genera energie, indiferent dacă acel ceva sunt plante, animale sau lumina soarelui
- Respirația - procesul prin care energia este produsă din sursa de „hrană”, implicând adesea, dar nu întotdeauna, oxigen
- Excreția - eliminarea deșeurilor
- Reproducerea - crearea de copii noi ale lor (adesea cu variații) pentru a continua specia

• Simțirea - interacțiunea cu ceea ce se află în jur, de obicei prin detectarea formelor de energie
• Creșterea - deși nu este constantă pe tot parcursul vieții, toate ființele vii cresc la un moment dat în dezvoltarea lor.

La nivelul unui organism - o plantă sau un animal - regula simplă este că, dacă nu au loc toate aceste procese, ceea ce privești nu este viu. Dacă le ai pe toate șapte, probabil că ai un câștigător. Chiar și aici, însă, a decide dacă ceva este „mort sau viu” nu este întotdeauna foarte clar. Luați, de exemplu, virusul care v-a provocat o iritație nazală în urmă cu ceva timp. Ați putea considera virusul ca fiind un organism unicelular. Există multe organisme care au o singură celulă și care sunt cu siguranță vii, cum ar fi bacteriile. Cu toate acestea, virusurile nu trec testul reproducerii.

Nu este vorba că virusurile nu se reproduc - reproducerea lor este cea care provoacă probleme în organismul vostru. Dar modul în care o fac este prin preluarea controlului asupra mecanismelor celulelor gazdei. Într-un anumit sens, când te infectezi cu un virus, viața ta este cea care reproduce virusul, nu a lui. Mulți biologi – deși nu toți – nu consideră virusurile ca fiind vii, iar lipsa vieții este unul dintre motivele pentru care este atât de dificil să scapi de ele. Cu siguranță nu vei obține niciun rezultat cu antibiotice, de aceea administrarea acestora pentru răceli și gripă este o pierdere de timp.

Celulele tale sunt vii?

Este și mai dificil să fii sigur dacă ceva este viu atunci când privești o parte dintr-un organism viu. Cu excepția creaturilor unicelulare, un organ sau o celulă izolate nu vor îndeplini cu siguranță toate criteriile - inima ta nu se poate reproduce, de exemplu.

Viața, așa cum o folosesc biologii, este un termen holistic care funcționează cu adevărat doar la nivelul unui organism. Când un animal trece de la starea de viu la cea de mort, nu putem observa schimbări imediate în fiecare celulă, deși acestea vor apărea în cele din urmă. Prin urmare, conform acestei interpretări, nu putem spune că o picătură din sângele tău sau o celulă din degetul tău este vie. Și totuși, acolo se întâmplă mult mai multe lucruri decât în cazul părului tău. Nu putem spune că carnea și sângele sunt moarte în același mod ca părul - părțile unui organism viu, cum ar fi sângele sau o celulă din carnea degetului tău, vor prezenta de obicei unele (dar nu toate) procesele vitale.

Am întrebat o biologă celulară dacă ea crede că celulele sunt vii, iar ea a fost foarte sigură că da. După cum a subliniat ea, acest lucru nu este niciodată mai evident decât atunci când ai o zi proastă în laborator și ajungi să-ți omori din greșeală culturile de celule. Celulele vii metabolizează, se divid și se mișcă - dacă le filmezi cu microscopul cu *time-lapse*, sunt uimitor de dinamice, tremurând și pulsând și trimițând mici degete (filopode) și picioare (lamelipode); unele celule chiar se târăsc. Și, bineînțeles, se reproduc, unele la nesfârșit, precum liniile celulare canceroase nemuritoare. Când celulele mor, își retrag toate degetele și picioarele și se rotunjesc - nucleul lor se dezintegrează și explodează într-un fel. Apoi rămân complet nemișcate, fără să se mai ridice vreodată. Deci, în opinia mea, aceasta este în mod clar diferența dintre viață și moarte!

Celulele sanguine sunt complicate în această privință. Spre deosebire de majoritatea celulelor, ele nu au nucleu (vom reveni în curând asupra acestui aspect) și se lasă purtate de fluxul sanguin. Cu toate acestea, ele joacă un rol extrem de important și activ în menținerea în viață a restului organismului.

O călătorie prin fluxul sanguin

Dacă vă uitați la o picătură de sânge care se scurge dintr-o înțepătură de ac de la vârful degetului, pare a fi un lichid roșu închis, fără nici o bucățică în el, dar dacă obțineți o mostră de sânge pe o lamelă de microscop, aceasta este plină de obiecte mici. Unele, celulele roșii, sunt ca

nişte pastile mici, asemănătoare unor caise uscate minuscule. Rolul lor este de a transporta oxigenul de la plămâni la ţesuturile corpului.

Aceste celule sunt roşii deoarece principalul lor constituent este o proteină numită hemoglobină (numeroasele tale proteine sunt printre cele mai importante molecule lucrătoare din corpul tău). Îndepărtaţi apa din celulele roşii din sânge şi 95% din ceea ce rămâne este hemoglobina. Această moleculă mare se leagă excelent de oxigen pentru a-l transporta în corp. Hemoglobina conţine fier şi se crede adesea că acesta este cauza culorii roşii, la fel cum produce nuanţa roşie a ruginei, însă colorarea este o coincidenţă. Atomii de fier sunt legaţi într-un inel de atomi numit *porfirină*, iar această structură organică este cea care asigură colorarea. Globulele roşii sunt produse în măduva osoasă şi, de obicei, circulă prin corp la fiecare douăzeci de secunde timp de aproximativ patru luni, împreună cu alte trilioane de celule, înainte de a fi înlocuite.

Ceilalţi ocupanţi cunoscuţi ai acestei picături de sânge sunt *globulele albe*. Există mai multe tipuri de celule albe, care acţionează ca mecanisme de apărare şi agenţi de curăţare. Un tip de globule albe se debarasează de celulele roşii vechi, atunci când acestea nu mai sunt în formă. Dar cele mai multe sunt în căutarea surselor de boală şi a altor substanţe nedorite care ar fi putut ajunge în organism.

Deşi nu puteţi distinge celulele albe individuale cu ochiul liber, probabil aţi văzut o colecţie de celule albe din sânge care şi-au făcut treaba şi au murit - ele formează puroiul. Există o armată întreagă de astfel de celule în corpul dumneavoastră, miliarde, fiecare dintre ele fiind dedicată combaterii anumitor forme de atacatori sau a celulelor interne care au nevoie de sacrificare.

Armele sângelui nu se opresc aici. Există şi un al treilea tip de celule în sânge care poate fi mai puţin cunoscut - *trombocitele*. Acestea sunt celule de scurtă durată, mai degrabă informe, responsabile de coagularea sângelui, împiedicând sângerarea rănilor pe termen nelimitat.

Molecula specială

Desigur, mai există şi o altă componentă a sângelui - apa. Plasma (nu vorbim acum despre stări ale materiei, nu uitaţi) în care plutesc celulele sanguine conţine o serie de proteine şi alte substanţe chimice dizolvate în ea, dar este în principal apă. Corpul dumneavoastră conţine multă apă - mai multă apă, de fapt, decât orice altceva. Apa este o moleculă simplă, dar fascinantă. Un oxigen plus doi hidrogeni formează cea mai familiară dintre formulele chimice, H_2O. Apa are o importanţă uriaşă pentru biologie, atât de mult încât atunci când căutăm în sistemul solar locuri probabile pentru viaţă, căutăm mai întâi apă. Viaţa bacteriană a fost descoperită la extremele de căldură, frig şi lipsă de aer pe care planeta noastră le poate oferi. Dar nu există viaţă cunoscută fără apă.

În spatele importanţei apei se află o colecţie unică de proprietăţi. Este singurul compus care există sub formă solidă, lichidă şi gazoasă la temperaturile tipice pe care le întâlnim la suprafaţa Pământului. Ca moleculă, apa are câteva caracteristici surprinzătoare - fără una dintre acestea, punctul său de fierbere ar fi sub -70 de grade Celsius. Dacă ar fi aşa, nu ar exista apă lichidă pe Pământ şi, prin urmare, nici viaţă. Dar, datorită acestei proprietăţi speciale pe care molecula de apă o împarte cu alte câteva, ea fierbe la cunoscuta temperatură de 100 de grade Celsius.

Proprietatea în cauză este legătura de hidrogen, o atracţie între sarcina electrică a unui atom de hidrogen şi cea a unui alt atom, cum ar fi oxigenul, azotul sau fluorul. În cazul apei, sarcina relativ pozitivă a hidrogenului este atrasă de sarcina uşor negativă a oxigenului dintr-o altă moleculă de apă. Rezultatul acestei legături este că este mai dificil să se separe moleculele într-un gaz decât ar fi în mod normal. Legătura trebuie depăşită, ceea ce ridică punctul de fierbere al apei şi face Pământul locuibil.

Legătura de hidrogen este responsabilă şi pentru o altă proprietate neobişnuită a apei. Majoritatea substanţelor ocupă un volum mai mic în stare solidă decât în stare lichidă. Cu toate acestea, apa solidă - gheaţa, aşa cum obişnuim să o numim - are un volum mai mare decât forma lichidă, motiv pentru care nu se recomandă îngheţarea unei sticle pline cu apă şi motiv pentru care gheaţa pluteşte pe un iaz, facilitând supravieţuirea vieţii sub ea. Se spune adesea că aceasta este o

proprietate unică a apei. Nu este așa - acidul acetic și siliciul, de exemplu, sunt ambele mai puțin dense în stare solidă decât în stare lichidă - dar este neobișnuit.

Umpleți o sticlă mică de plastic cu apă până la margine, fără a lăsa aer, și înșurubați capacul. Lăsați-o în congelator peste noapte. Pe măsură ce apa se dilată pentru a forma gheață, va crăpa plasticul, va forța capacul să se desprindă sau va întinde plasticul, astfel încât acesta să pară ciudat de moale după ce se dezgheață. Nu folosiți o sticlă de sticlă, deoarece s-ar putea să aveți sticlă spartă peste tot în congelator.

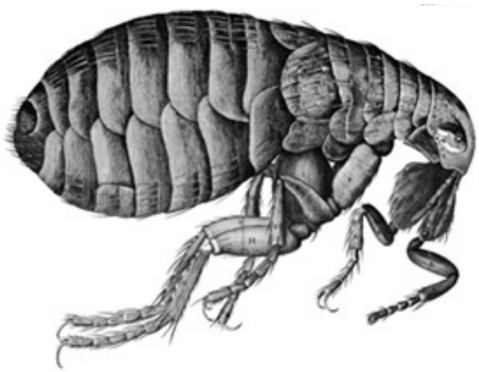
Motivul acestei expansiuni la îngheț este că forma cristalină standard a apei, o rețea hexagonală, nu se potrivește cu modul în care legăturile de hidrogen atrag hidrogenul unei molecule de apă către oxigenul altei molecule. Pentru a se încadra în structură, aceste legături trebuie să se întindă și să se răsucească, îndepărtând moleculele de apă mai mult decât în forma cea mai densă a apei (care este la aproximativ 4 grade Celsius).

Apa este, desigur, transparentă, dar are o ușoară colorare albastră datorită dispersiei luminii (același motiv pentru care cerul este albastru), deși acest lucru nu este evident decât atunci când există o cantitate mare de apă prin care putem vedea, de exemplu în gheața glaciară.

Unul dintre motivele pentru care apa este atât de importantă pentru viață este că este un solvent excelent datorită sarcinilor moleculare care fac posibilă legătura de hidrogen, dizolvând multe alte materiale și acționând ca un mijloc de transport pentru acestea în celulele vii. Dar acesta nu este singurul mod în care apa susține viața. Ea participă la multe dintre reacțiile chimice necesare proceselor metabolice ale organismului. Fără apă, celulele vii nu pot exista.

O companie de cutiuțe minuscule

Am folosit deja termenul „celulă” în repetate rânduri. Nu îl poți evita odată ce începi să te uiți în interiorul corpului tău. Cuvântul a fost inventat de contemporanul (și rivalul de moarte) al lui Newton, Robert Hooke. Un mare om de știință în sine, cea mai cunoscută carte a lui Hooke este *Micrographia*, un studiu minunat ilustrat al lucrurilor foarte mici, văzute prin lupe și microscoape primitive.



Ilustrația unui purice în Micrographia lui Robert Hooke

Unele dintre ilustrații s-au desprins din carte, uimindu-i pe cititorii vremii cu imagini detaliate ale unui purice și ale unui păduche, două creaturi pe care le cunoșteau prea bine, dar pe care nu le-ar fi văzut niciodată în detalii atât de monstruoase. De asemenea, el și-a uimit publicul cu un desen detaliat al ochilor compuși ai unei muște. A studiat chiar și secțiuni de plută. În acestea a văzut o „companie infinită de mici cutii” pe care le-a comparat cu celulele ocupate de călugări într-o mănăstire. Celula biologică este numită după dormitorul unui călugăr.

Fiecare ființă vie cunoscută are cel puțin o celulă. Cele mai simple forme de viață - bacteriile, de exemplu - constau dintr-o singură celulă, în timp ce corpul dumneavoastră are trilioane de celule. De fapt, fiecare celulă este un container de viață. Celulele sanguine pe care le-am întâlnit deja sunt destul de neobișnuite, dar formele cele mai obișnuite din corpul dumneavoastră sunt pachete complexe cu un nucleu central și diverse părți ale mașinăriei biologice care plutesc în lichidul care le înconjoară.

Molecula superstar

Acest nucleu conține cel mai faimos compus chimic complex existent, ADN-ul. Să recunoaștem, ADN-ul este o celebritate în lumea chimiei. Câte alte molecule sunt menționate în mod regulat la știri? Nici măcar nu trebuie să îi spunem numele complet – inițialele sunt suficiente. (Ceea ce este foarte bine, deoarece acidul dezoxiribonucleic nu se pronunță ușor.) Și trebuie doar să vedem o imagine a unui dublu *helix* pentru a ști cu ce avem de-a face.

ADN-ul nu este o singură substanță. Nu este ca sarea, de exemplu, care este întotdeauna clorură de sodiu, un compus simplu format din doi atomi legați între ei în molecula **NaCl**. ADN-ul este mai degrabă un format de stocare a informațiilor sub formă chimică. ADN-ul din nucleul uneia dintre celulele tale – să zicem o celulă din țesutul de la vârful degetului de unde a curs sângele – are forma unei serii de molecule lungi, răsucite în jurul unor proteine numite histone, care acționează ca un fel de fusuri pentru ADN.

Poate ai văzut imagini cu cromozomii umani. Fiecare cromozom este o singură moleculă de ADN însoțită de histonele sale, iar fiecare dintre celulele tale conține 46 dintre acești cromozomi în nucleu. Vom afla mai multe despre acestea în capitolul 7, dar un lucru important care nu este adesea menționat când se vorbește despre cromozomi este că ADN-ul din fiecare dintre ei este o singură moleculă. Acest lucru nu este evident, deoarece sunt înfășurate într-un pachet, ceea ce le face mult mai voluminoase decât o moleculă obișnuită. Dimensiunea lor este, de asemenea, unul dintre factorii care ne distrag atenția de la a le considera molecule. ADN-ul din cromozomul uman **1** este cea mai mare moleculă cunoscută, conținând aproximativ 10 miliarde de atomi.

Experiment - ADN

Iată o șansă de a experimenta ce se întâmplă în dramele cu criminaliști de la televizor atunci când aceștia izolează o mostră de ADN. În acest experiment puteți extrage ADN dintr-o banană. Este cel mai complex experiment din carte, dar chiar dacă nu îl faceți, este totuși impresionant faptul că puteți obține ADN cu un pic de știință relativ simplă.

Amestecați o jumătate de banană până obțineți o pastă (amestecați doar câteva secunde - nu o lăsați să devină prea lichidă). Amestecați detergentul lichid transparent pentru mașini de spălat vase și un vârf de cuțit de sare cu o cantitate de apă caldă de aproximativ nouă ori mai mare pentru a umple o jumătate de cană (să zicem 10cc de detergent, pentru a obține 100cc de soluție). Se amestecă împreună cu banana, încercând să se evite crearea de bule, până când se obține un amestec omogen, fără cocoloașe.

Folosiți un filtru de cafea pentru a filtra lichidul din acest amestec într-un loc rece. Puneți o parte din lichid într-un recipient de sticlă îngust (o eprubetă ar fi ideală), astfel încât să aibă o adâncime de câțiva centimetri. Acum turnați ușor alcool foarte rece pe partea laterală a recipientului, astfel încât să formeze un strat deasupra. ADN-ul va începe să iasă din soluție în alcool. Ar trebui să îl puteți scoate pe un băț de cocktail.

În mod ideal, alcoolul ar trebui să fie etanol 95 % - alcool pur. Dacă nu puteți face rost de acesta, alcoolul de frecare ar trebui să fie suficient. Băuturile alcoolice nu sunt suficient de pure. Nu trebuie să folosiți neapărat o banană - practic orice lucru viu este bun, dar bananele sunt unul dintre cele mai ușor de folosit. Țineți cont de faptul că, în final, se vor atașa câteva proteine, dar este vorba în principal de ADN.

Structura dublu helix a ADN-ului este foarte asemănătoare cu o scară în spirală. Partea *helix* este formată din lanțuri lungi de zaharuri - „*dezoxiribo*” din denumirea completă a ADN-ului provine de la zahărul *dezoxiriboză* care face parte din acești polimeri de bază, lanțuri lungi de atomi cu o structură repetitivă. În ceea ce privește ADN-ul, acestea sunt doar fundații. Componentele importante sunt treptele scării în spirală. Fiecare treaptă este formată dintr-o pereche de compuși chimici, care sunt selectați din cele patru „baze”: *citozină, guanină, adenină și timină*.

Codul tău special

Aceste baze sunt ca zerourile și unu-urile din codul binar al unui computer (deși, desigur, bazele nu sunt binare, deoarece sunt patru). Există șase miliarde de perechi de baze în ADN-ul care se găsește în fiecare dintre celulele tale. Codurile de acolo sunt folosite pentru a stoca informații care vor fi utilizate pentru a produce diverse proteine, lucrătorii multifuncționali ai lumii biologice, și pentru a crea un întreg set de alte molecule care ajută la determinarea modului în care te formezi și te dezvolți în timp. Ceea ce face ca totul să funcționeze este faptul că treptele au întotdeauna aceeași cuplare de baze. *Adenina* este întotdeauna asociată cu *timina*, în timp ce *citozina* este întotdeauna legată de *guanină*.

Această asociere este cheia unui mecanism de copiere. Celulele noi sunt produse prin divizarea unei celule în două, iar fiecare dintre celulele rezultate are nevoie de propria copie a datelor ADN. Pentru a face acest lucru, cele două lanțuri ale dublei spirale sunt desfăcute, împărțind fiecare dintre șuvițe în două. Deși aceste două jumătăți nu sunt identice, deoarece perechile de baze se cuplează întotdeauna în același mod, este ușor să recreezi jumătatea lipsă și să obții un set complet de ADN în fiecare celulă.

ADN-ul este adesea descris ca furnizând planul pentru organismul viu care îl conține - și cu siguranță are o sarcină importantă de îndeplinit. Gândiți-vă la asta. Ați început ca o singură celulă. Această celulă s-a divizat în două, cele două celule s-au divizat în patru și așa mai departe, până când ați ajuns la numărul actual, magnific, de aproximativ 50 până la 70 de trilioane de celule. Evident, lucrurile nu puteau continua în acest fel, prin simpla divizare, altfel ați fi fost doar o mare masă de celule. Ceva trebuia să dea instrucțiuni celulelor pentru a ști cum să se „diferențieze” - să formeze diferite tipuri de celule și structuri diferite - și acesta este rolul ADN-ului.

Cu toate acestea, a numi ADN-ul un plan este înșelător. Un plan vă oferă specificații detaliate despre ce anume se află unde, astfel încât să puteți construi un artefact. Dar ADN-ul nu conține suficiente date pentru a specifica tot ceea ce se află într-un om. Cu siguranță nu există nicio legătură între numărul de gene – nivelul de cod de bază al informațiilor din ADN – pe care îl posedă un organism viu și complexitatea acestuia. Orezul, de exemplu, are de două ori mai multe gene decât oamenii. Totuși, aceasta este o viziune simplistă, așa cum vom vedea când vom examina genele mai în detaliu.

În schimb, este mai bine să ne gândim la ADN-ul din vârful degetului (și din orice altă celulă normală din corp) ca la software-ul de control al unei fabrici automate complexe, care este o ființă vie. ADN-ul nu conține toate detaliile, iar alți factori interacționează cu software-ul, schimbând părțile active ale acestuia în orice moment. Cu toate acestea, așa cum vom vedea mai detaliat în capitolul 7, ADN-ul joacă un rol extrem de important.

Cele 46 de molecule de ADN din nucleul unei celule nu sunt singurele molecule de ADN din acea celulă. De fapt, există un ADN suplimentar pe care l-ai putea considera străin - el nu provine deloc de la un om.

Invadatorii din celulele tale

Plutind în interiorul celulei, dar în afara nucleului, veți găsi structuri numite *mitocondrii*. Aceste capsule minuscule sunt uneori numite centralele energetice ale celulei, deoarece rolul lor este de a prelua oxigenul colectat prin respirație (transportat de globulele roșii) și de a-l combina cu substanțele chimice din alimentele consumate pentru a produce ATP, **adenozin trifosfat**, o moleculă pe care organismul o utilizează pentru a stoca energie. Mitocondriile sunt încărcătoare biochimice. Cel mai remarcabil lucru despre ele este că par să fi fost odată bacterii care au devenit parte a celulei într-o simbioză reciproc avantajoasă.

Această teorie privind originea mitocondriilor există de ceva timp, dar dovezile în sprijinul ei au devenit și mai puternice în 2011, când s-a descoperit că o bacterie marină comună, cu numele destul de plictisitor SAR11, are probabil un strămoș comun cu mitocondriile noastre. Este un pic ca în cazul oamenilor și al gorilelor - amândoi avem un strămoș comun și, se pare, la fel și SAR11 și

mitocondriile. Compararea genelor celor două sugerează că ele provin din aceeaşi formă timpurie de bacterie.

Această comparaţie a fost posibilă deoarece mitocondriile au propriul ADN - doar treisprezece gene separate de cromozomii principali din nucleul celulei. Spre deosebire de ADN-ul principal al corpului, care este o combinaţie mixtă provenită de la ambii părinţi, ADN-ul mitocondrial provine numai de la mamă. Aceste bacterii încorporate au nevoie de acţiunea a aproximativ 1.000 de gene pentru a funcţiona. În trecutul îndepărtat, toate aceste gene se aflau în celula unică care a devenit mitocondrie, dar, în timp, toate, cu excepţia celor treisprezece, au migrat către cromozomi.

Numărul de mitocondrii prezente variază de la un tip de celulă la altul. Ele sunt cele mai dense în celulele ficatului, unde, de obicei, există peste 1.000 de mitocondrii în fiecare celulă. Deşi mitocondriile au o serie de alte funcţii, rolul lor principal este de a stoca energie în ATP, care este echivalentul chimic al unui arc înfăşurat într-un motor cu ceas.

Când un arc este înfăşurat, este nevoie de energie pentru a-l răsuci într-o formă strânsă. Această energie este stocată până când arcul este eliberat, moment în care poate împinge un mecanism şi îl poate pune în mişcare. În mod similar, mitocondriile stochează energie prin crearea de ATP. Această substanţă chimică destul de complexă [denumirea completă este *dihidroxioxolan-2-il metil* (hidroxifosfonooxifosforil) hidrogen fosfat] conţine o pereche de legături care leagă atomii de fosfor de un singur atom de oxigen. Aceste legături (legături între electronii din atomi) sunt relativ slabe, iar o reacţie chimică simplă va duce la ruperea legăturilor, eliberând energie în acest proces. Combinaţia dintre dozele mici de energie din aceste molecule este cea care vă pune muşchii în mişcare de fiecare dată când ridicaţi un deget sau efectuaţi orice altă acţiune. Doar pentru a vă menţine ochii pe acest text, legăturile ATP apar peste tot.

Purtând genele tale extraterestre

Mitocondriile nu sunt singurii invadatori care s-au integrat complet în corpul tău. ADN-ul tău include genele a cel puţin opt retrovirusuri. Acestea sunt un tip de virus care utilizează mecanismele celulare de codificare a ADN-ului pentru a prelua controlul asupra unei celule. (SIDA este produsă de un astfel de virus.) Aceste gene virale din ADN-ul tău îndeplinesc acum funcţii importante în reproducere, dar sunt complet străine de ADN-ul uman.

Dacă mitocondriile au fost odată bacterii, acum fac parte integrantă din celulele tale. Deşi nu apar în creaturile unicelulare mai simple, ele sunt prezente în aproape toate organismele care au un nucleu în celulele lor. Se pare că invazia mitocondrială a avut loc într-un stadiu foarte timpuriu al dezvoltării vieţii mai complexe pe Pământ. Cu toate acestea, ele nu sunt singura prezenţă bacteriană din corpul tău.

Trilioanele tale de mici pasageri clandestini

Data viitoare când te uiţi în oglindă, aminteşte-ţi acest lucru. Din punct de vedere al numărului de celule, în interiorul tău există mai multă viaţă bacteriană decât viaţă umană. În corpul tău există aproape zece trilioane de celule proprii, dar de zece ori mai multe bacterii.

Multe dintre bacteriile care vă numesc „acasă” sunt prietenoase, în sensul că nu fac niciun rău. Unele sunt chiar benefice. Ele nu sunt la fel de integrate în sistemul vostru ca mitocondriile, aşa că este posibil să trăiţi fără ele, dar pierderea lor face viaţa mai grea. La sfârşitul anilor 1920, un inginer american a decis să investigheze dacă animalele pot trăi fără niciun fel de bacterii, sperând că o lume fără bacterii ar fi una sănătoasă. James „Art” Reyniers şi-a dedicat viaţa creării unor medii în care cobaii şi alte animale să poată fi crescuţi fără bacterii încă de la naştere.

Rezultatul a fost clar: era posibil. Puteai elimina toate bacteriile dăunătoare fără ca acest lucru să împiedice animalele să trăiască. Deoarece o lume fără bacterii ar reduce în mod evident riscul de îmbolnăvire, rezultatele lui Reyniers au încurajat utilizarea pe scară largă a detergenţilor antibacterieni şi a antibioticelor.

Nu există nicio îndoială că unele bacterii provoacă daune enorme. Se pare însă că cercetările lui Reyniers erau înşelătoare. El a reuşit într-adevăr să facă unii dintre cobaii săi să trăiască fără bacterii. Dar mulţi dintre ei au murit. Iar cei care au supravieţuit au trebuit să fie hrăniţi cu alimente speciale. Acest lucru se datorează faptului că bacteriile din intestin ajută la digestie. Acest lucru este deosebit de important pentru animalele şi insectele care se hrănesc cu plante bogate în celuloză, cum ar fi ierburile şi lemnul. Aceste alimente sunt greu de digerat şi, fără ajutorul bacteriilor, animalele cu acest tip de dietă nu ar supravieţui.

Ai putea trăi fără bacterii, dar fără ajutorul enzimelor din intestinul tău produse de bacterii, ar trebui să mănânci alimente mult mai bogate în nutrienţi decât dieta ta obişnuită. Acest lucru este valabil în special pentru vegetarieni, deoarece fibrele vegetale sunt deosebit de rezistente la enzimele noastre şi numai cu ajutorul unei game mult mai largi de substanţe chimice produse de bacterii putem obţine rezultate.

Este important să ţineţi cont de acest lucru dacă urmaţi un tratament cu antibiotice. Deşi orice antibiotic ucide doar un procent din bacterii, nu se face distincţie între bacteriile „bune” şi bacteriile „rele”. Antibioticele nu fac diferenţa. Ele vor distruge, fără îndoială, o mare parte din bacteriile din intestinul dumneavoastră. Acest lucru înseamnă că este posibil să aveţi nevoie de o dietă mai bogată pentru o perioadă şi că va trebui să fiţi atent să evitaţi infecţiile – bacteriile din intestinul dumneavoastră ajută la respingerea intruşilor nedoriţi, aşa că, dacă le distrugeţi cu antibiotice, este mult mai uşor ca o nouă tulpină, posibil dăunătoare, să se instaleze.

Din păcate pentru cei care le consumă, nu există dovezi că adăugarea de „bacterii prietenoase” sub formă de băuturi probiotice şi alte produse are vreun efect pozitiv. Bacteriile consumate în acest mod vor contribui foarte puţin la fauna din interiorul corpului tău. Probabil că există un anumit beneficiu psihologic (vezi în carte despre efectul *placebo*), dar nu există o asistenţă biologică reală din partea acestor bacterii prietenoase.

Un apendice util

Bacteriile fac parte şi din ceea ce este probabil cea mai neînţeleasă parte a corpului tău: *apendicele*. Dacă încă mai aveţi apendicele, s-ar putea să vă întrebaţi care este rostul acestuia. La urma urmei, apendicele uneori se defectează şi provoacă apendicită potenţial mortală, dar nu pare să aibă niciun rol util. Acest lucru cu siguranţă nu are sens din punct de vedere evolutiv. Având în vedere că oamenii au apendice de mult timp, dacă acestea sunt total inutile, de ce nu au dispărut complet?

Abia relativ recent s-a descoperit că *apendicele* este foarte util pentru bacteriile din organism. Acestea îl folosesc ca pe un fel de casă de vacanţă, un loc unde se pot odihni de activitatea frenetică a intestinului, un loc unde se pot reproduce şi ajuta la menţinerea populaţiei bacteriene din intestin. Aşadar, apendicele nu este atât de inutil pe cât se credea în mod tradiţional.

Dar pare ciudat că bacteriile din interiorul corpului, chiar şi cele din apendice, nu sunt eliminate de sistemul imunitar. Celulele albe din sânge produc în mod constant anticorpi, proteine concepute pentru a se ataşa de invadatori şi a-i neutraliza. Acesta este motivul pentru care operaţiile de transplant sunt atât de dificile – corpul uman tinde să respingă chiar şi celulele umane perfect inofensive. Cu toate acestea, prin mecanisme pe care nu le înţelegem pe deplin, toate aceste bacterii par să fie capabile să reziste acţiunii anticorpilor.

O altă surpriză legată de apendice este descoperirea recentă că acesta conţine cantităţi mari de anticorpi. Unii dintre aceştia au capacitatea de a se ataşa de unele bacterii care ajung în intestin, dar într-un mod util, mai degrabă decât distructiv. Cel mai comun anticorp din intestin, foarte frecvent şi în apendice, se numeşte **IgA**. Acesta se leagă de bacteriile intestinale, dar nu pentru a le ucide. În schimb, formează o structură de susţinere care ajută bacteriile să rămână pe loc şi să se dezvolte în intestin, în loc să fie eliminate ca şi cum ar fi hrană. Anticorpii dvs. ajută aceste bacterii intestinale utile.

Denumirea **IgA** este prescurtarea de la *imunoglobulina A*. Există un număr foarte mare de astfel de proteine, molecule complexe mari produse în organism şi utilizate ca „măgari de muncă” chimici. Iniţial, acestora li s-au dat denumiri sobre şi serioase, precum *imunoglobulina*, dar, în timp,

s-a dezvoltat o tradiție de a le da denumiri ciudate. Astfel, avem proteine numite *sonic hedgehog*, *pokemon*, *seahorse seashell party*, *dickkopf*, *R2D2*, *Homer Simpson*, *glass-bottomed boat* și, preferata mea, *abstinence by mutual consent*.

Bacteriile nu cunosc regula celor cinci secunde

Bacteriile (și virusurile) nu sunt, desigur, întotdeauna bune pentru dumneavoastră. Deși unele boli sunt genetice sau se datorează unor procese umane normale care merg prost, majoritatea sunt probabil cauzate de unul dintre aceste tipuri de mici invadatori. O poveste din bătrâni pe care trebuie să o confruntăm cu cunoștințele noastre despre bacterii este regula celor cinci secunde - ideea că dacă scăpați o bucată de mâncare, atâta timp cât o ridicați în cinci secunde, ar trebui să fiți bine.

Se pare că această abordare datează de pe vremea lui Ghengis Khan, deși atunci, când oamenii erau mai puțin pretențioși cu ceea ce mâncau, era vorba de regula celor 12 ore. O elevă de liceu din SUA, aflată la un curs de vară la o universitate locală, a adoptat o abordare științifică mai modernă a regulii, ajungând la câteva concluzii interesante.

Atunci când Jillian Clarke a prelevat probe de pe podelele universității, inclusiv din zonele cu un număr mare de pași, a descoperit că podelele erau surprinzător de lipsite de bacterii. Studenții doctoranzi care au ajutat-o nu au putut găsi nici măcar un număr numărabil de bacterii. Cu toate acestea, poate nu surprinzător, au descoperit că oamenii sunt mai puțin predispuși să ia de pe podea și să mănânce broccoli sau conopidă decât dulciuri sau biscuiți.

Poate cea mai importantă constatare a fost că, atunci când o suprafață a fost inoculată cu bacteria *E. coli*, produsele alimentare au preluat bacteria în mai puțin de cinci secunde - deci, în acest sens, regula nu funcționează.

Își fac loc în afecțiunea dumneavoastră

Bacteriile pot fi cea mai comună formă de viață extraterestră pe care o veți avea pe și în corpul dumneavoastră, dar cu siguranță nu sunt singurele. Unii oameni vor avea oaspeți indezirabili. Păduchii, sau puricii, ca să nu mai vorbim de viermi. Viermii sunt fascinanți - tindem să ne gândim la ei doar ca la niște paraziți nedoriți, dar există acum unele dovezi că viermii potriviți, în circumstanțele potrivite, pot fi benefici, poate părea o sugestie bizară, dar, deși sunt un companion mai recent decât bacteriile de care depindem, ființele umane au trăit cu viermii suficient de mult timp încât organismul nostru s-a obișnuit cu ei. Deși testele sunt încă relativ rare (probabil din cauza repulsiei pe care o provoacă viermii), există dovezi destul de bune că unii viermi pot avea un efect benefic asupra organismului, deoarece sistemele noastre interne se așteaptă ca ei să fie prezenți și, în lipsa lor, nu sunt în echilibru. S-a sugerat că unele afecțiuni medicale a căror frecvență a crescut pe măsură ce viermii au fost eliminați ar putea fi ameliorate prin aplicarea judicioasă a terapiei cu viermi.

Lipitoarea nobilă

Un alt parazit care are o latură pozitivă este lipitoarea. Lipitorile sunt folosite în scopuri medicinale de sute de ani, dar utilizarea tradițională se baza pe o premisă total falsă. Medicina a devenit științifică abia recent. Mult timp, ea s-a bazat pe o idee care era echivalentul medical al celor patru elemente din Grecia Antică, și anume cele patru „umori”. Aceasta se baza pe convingerea că organismul conținea patru lichide care îi menținеau echilibrul: sânge, flegmă, bilă neagră și bilă galbenă.

Aceste umori trebuiau menținute în echilibru. Dacă se considera că aveai prea mult sânge, de exemplu (și erai „sangvinic”), o parte din acesta era eliminat prin sângerare. Această sângerare era un tratament obișnuit și adesea slăbea semnificativ pacienții și îi făcea mai puțin capabili să combată infecțiile decât ar fi fost în mod normal. Deși era frecvent efectuată direct prin incizie, lipitorile erau uneori folosite ca o metodă convenabilă de a elimina sângele.

Deşi, din fericire, medicina modernă a realizat ineficiența sângerării, lipitorile au revenit în scenă pentru a ajuta la unele probleme postoperatorii. O creatură care suge sânge, cum ar fi lipitoarea, dorește ca sângele să curgă lin, fără să se coaguleze. Pentru a ajuta la acest lucru, ea aplică un anticoagulant natural în timp ce suge. Uneori, o operație poate duce la congestie, în care sângele se acumulează în unele regiuni şi nu ajunge în altele. Utilizarea atentă a lipitorilor poate elimina congestia şi ajuta sângele să curgă mai bine în țesuturile care nu sunt alimentate corespunzător.

Extratereștrii din gene

În funcție de vârsta ta, este foarte probabil să ai şi alți extratereștri la bord. Există creaturi minuscule numite *acarieni* ai genelor, care trăiesc pe celulele vechi ale pielii şi pe uleiul natural (sebum) produs de foliculii de păr umani. Spre deosebire de păduchi, acești *acarieni* se hrănesc doar la suprafață şi nu provoacă daune, deşi pot provoca reacții alergice la o minoritate de persoane. Sunt foarte mici - de obicei în jur de 1/3 de milimetru când sunt complet dezvoltați şi aproape transparenți - așa că este foarte puțin probabil să îi vedeți cu ochiul liber.

Totuşi, dacă puneți un fir de păr de la gene sau sprâncene sub microscop, s-ar putea să găsiți aceste mici creaturi, care îşi petrec cea mai mare parte a timpului chiar la baza firului de păr, acolo unde acesta se întâlnește cu pielea. Aproximativ jumătate din populație le are, copiii având mai puține, iar persoanele în vârstă mai multe. Deşi nu au beneficiile pozitive ale bacteriilor, nu este nevoie să vă faceți griji în privința *acarienilor* de gene - sunt inofensivi.

Văzând lucrurile mici

Astfel de invadatori miniaturali au devenit parte din înțelegerea noastră conştientă a corpului abia odată cu utilizarea microscopului. În mod similar, celulele au început să fie înțelese abia odată cu răspândirea acestei tehnologii. Primele observații, precum multe dintre cele ale lui Hooke, au fost făcute cu o lentilă puternică, susținută pentru a evita vibrațiile. Acelaşi lucru este valabil şi pentru omul care a descoperit bacteriile în 1674, Anton von Leeuwenhoek. Dar progresele reale au depins de introducerea microscopului compus.

Prin simpla punere a două lentile potrivite împreună într-un tub, capacitatea noastră de a pătrunde în natura vieții microscopice a fost mult îmbunătățită. O lentilă apropiată de obiectul studiat produce o imagine mărită pe partea opusă a lentilei. Aceasta este o imagine „virtuală” - nu o puteți vedea, ea plutește în spațiu. A doua lentilă, ocularul, acționează apoi ca o lupă focalizată pe această imagine deja mărită. Putem mulțumi pentru această invenție unei echipe de tată şi fiu olandezi, Hans şi Zacharias Janssen. Acești ochelariști olandezi au asamblat primul lor microscop compus în jurul anului 1590. La acea vreme, Hans era doar un băiat. El tinde să fie cel mai cunoscut dintre cei doi, deoarece viitoarea sa carieră s-a bazat pe instrumente optice, dar se poate argumenta că lui Zacharias ar trebui să îi revină cea mai mare parte a gloriei.

Cunoştințele noastre actuale despre funcționarea corpului au fost mult îmbunătățite de alte tehnologii care ne permit să vedem dincolo de ceea ce este imediat evident. Prima descoperire reală a fost utilizarea autopsiilor pentru a explora mecanismele interne ale corpului, un proces care a fost îngreunat deoarece, timp de mulți ani, efectuarea unor astfel de operații a fost ilegală. Dar tăierea unei persoane pentru a vedea ce se întâmplă în interior are limitele sale, mai ales dacă aceasta este în viață, iar tehnologia modem are o serie de alte răspunsuri la această nevoie.

Razele care nu încetează să dea viață

Prima mare descoperire a avut loc în 1895, când omul de ştiință german Wilhelm Rontgen experimenta cu un „tub Crookes”. Acesta era o formă rudimentară a tubului catodic utilizat în televizoare şi monitoare de computer până la apariția ecranelor LCD şi plasma. „Razele catodice” ale acestui tub sunt de fapt un flux de electroni, care pot fi dirijați folosind câmpuri electrice şi magnetice. Electronii ajung de obicei să lovească un ecran fosforescent care se aprinde în locul în care ajung.

Aceste ecrane luminoase erau încorporate în partea din față a televizoarelor, dar Röntgen avea un ecran independent, pe care îl lăsase în lateralul tubului, în loc să-l aşeze la capătul ţintă. A fost uimit să descopere că ecranul încă strălucea când a pornit tubul, în ciuda faptului că părţile laterale ale tubului erau învelite în carton pentru a opri emisiile parazite. Se părea că electronii, lovind o țintă metalică, generau un nou tip de raze care se propagau lateral și erau atât de puternice încât treceau direct prin carton.

Röntgen a denumit această nouă formă de radiație X-Strahlen (pronunțat Eeks-Shtrahlen), care în limba engleză a devenit X-rays. Litera „X” însemna doar că era ceva necunoscut și misterios, iar termenul era menit să fie doar o denumire provizorie. Comunitatea științifică nu a apreciat acest lucru și a încercat să denumească efectul „raze Röntgen”, dar era prea târziu, termenul „raze X” rămânând în uz.

Pe atunci, la fel ca și acum, articolele științifice atrăgeau uneori atenția presei, iar articolul lui Röntgen despre descoperirea razelor X avea o caracteristică care a ajuns pe prima pagină a ziarelor: o singură fotografie. Röntgen a îndreptat razele X către mâna soției sale. Acestea au trecut prin carne, dar nu și prin oase. Pentru prima dată, fotografia arăta scheletul uman din interiorul cărnii; o imagine a oaselor soției sale. Era și mai impresionantă deoarece soția sa nu își scosese verigheta (deși se pare că a încercat, deoarece aceasta se află deasupra articulației), astfel încât aceasta se remarca ca o pată dramatică pe imagine.

Aplicațiile medicale ale acestei descoperiri erau atât de evidente, încât primul aparat cu raze X din lume a fost instalat la Glasgow Royal Infirmary în 1896, la doar un an după descoperire. Utilizatorii razelor X medicale nu au mai privit înapoi. Mai mult, publicul larg nu se mai sătura de noutatea vederii cu raze X. Până în secolul al XX-lea, revistele de electricitate pentru amatori prezentau modele DIY pentru a-ți construi propriul aparat cu raze X, iar când eram copil, pantofii mei erau încă verificați cu un dispozitiv care îți permitea să te uiți în jos și să-ți vezi oasele degetelor din interiorul pantofului.

Ceea ce nu s-a realizat inițial a fost că, deși razele X sunt minunate, ele prezintă și riscuri. Röntgen a bănuit de la început că acestea erau o formă de lumină, ceea ce s-a dovedit a fi adevărat. Razele X sunt exact același lucru ca și lumina vizibilă, dar cu o energie mai mare. Știm că electronii pot fi propulsați la un nivel superior prin absorbția unui foton, o cantitate de energie luminoasă. Dar razele X sunt atât de energice încât pot arunca electronii din atom - ele sunt ceea ce se numește radiații ionizante.

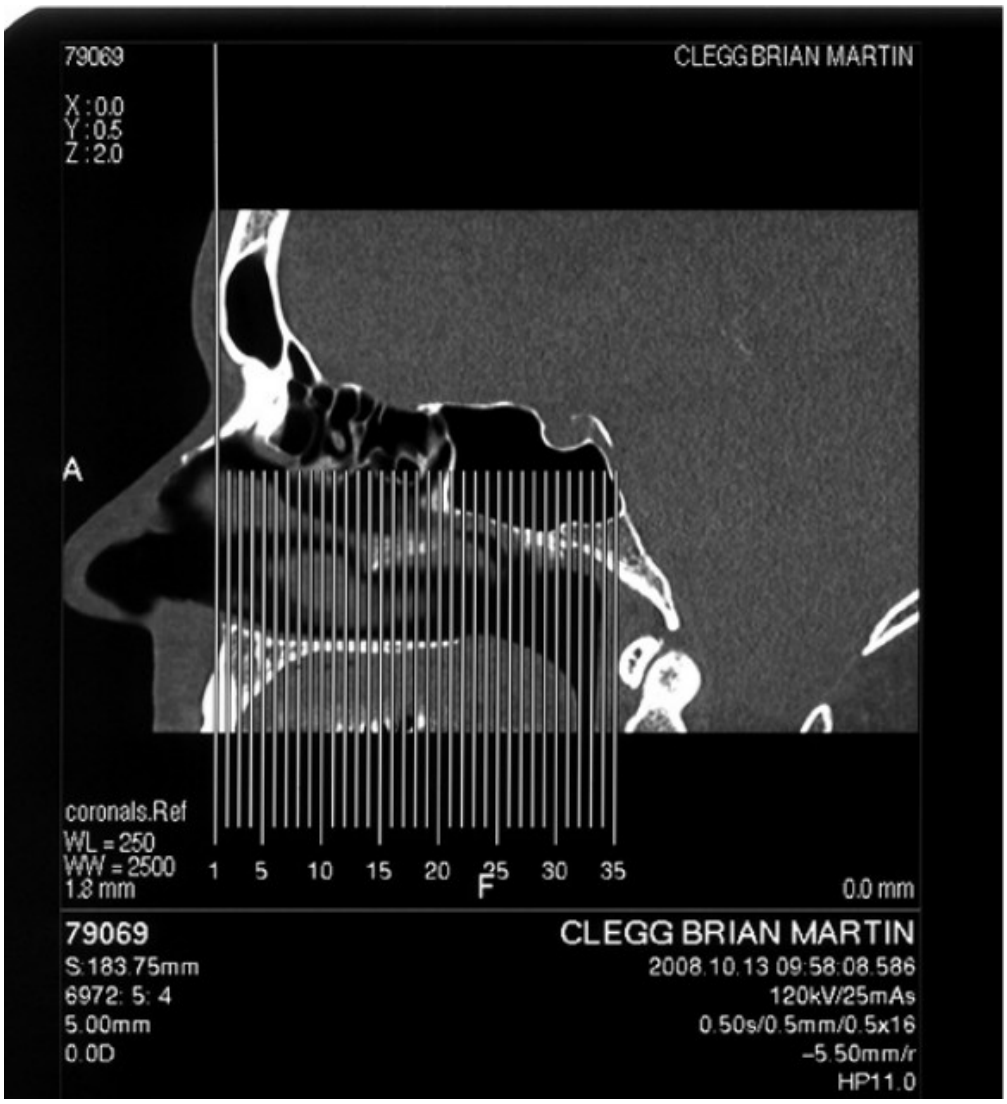
În sine, ionizarea este un proces foarte comun. Se întâmplă, de exemplu, atunci când sarea se dizolvă în apă - astfel încât fluidele din corp conțin o mulțime de ioni. Dar când radiațiile ionizante lovesc celulele din corp, pot crea radicali liberi; molecule foarte reactive care cresc riscul de cancer. (Apărarea naturală a organismului împotriva radicalilor liberi este asigurată de antioxidanți, motiv pentru care alimentele care conțin antioxidanți sunt adesea promovate ca fiind bune pentru sănătate, deși toate dovezile arată că antioxidanții pe care îi consumați nu se combină cu cei produși intern, deci nu au niciun beneficiu.)

Pericolul ionizării în organismul dumneavoastră creat de fotonii cu energie ridicată înseamnă că este mai bine să evitați expunerea excesivă la raze X, motiv pentru care radiologii lucrează din spatele unui ecran de protecție. Dar nivelurile la care suntem expuși ca pacienți sunt foarte scăzute, mai ales având în vedere radiațiile naturale la care suntem expuși în permanență. În aerul din jurul nostru există întotdeauna o anumită cantitate de radiații provenite din surse naturale. O radiografie toracică, de exemplu, are aproximativ același nivel de radiații ca și radiațiile naturale suplimentare la care sunteți expus în timpul unui zbor de zece ore.

Pisicile și rezonanța nucleară

Pentru a descoperi ce se întâmplă în interiorul corpului fără a-l deschide, medicii au acum la dispoziție o gamă mult mai largă de raze penetrante. O tomografie computerizată este tot o radiografie, dar una care depășește cu mult orice era posibil înainte de apariția computerelor. Acesta este acronimul pentru „tomografie asistată de computer” (sau tomografie axială computerizată), ceea ce sună puțin înfricoșător când îți dai seama că tomografia înseamnă, în general, tăierea

obiectelor în felii foarte subțiri. Dar aici este imaginea cu raze X care produce o serie de felii instantanee prin partea corpului examinată. Matematică complexă (de aici și partea „computer” din denumire) transformă datele dintr-o serie de unghiuri într-o imagine detaliată, cu mai multe straturi.



Imagine de la o tomografie computerizată efectuată autorului: liniile verticale arată „feliile utilizate în alte imagini din serie

Celălalt scaner bine cunoscut este RMI, care înseamnă *imagistică prin rezonanță magnetică*. Inițial s-a numit RMN, cu „N” de la nuclear, dar s-a renunțat la prima inițială din cauza asocierii „nuclear” cu radiațiile nucleare. Aceasta a fost o teamă inutilă, deoarece denumirea înseamnă pur și simplu că sunt observate nucleele atomilor din corpul persoanei scanate. Pacienții nu sunt bombardați cu radiații.

Protonii din nucleele atomilor pot acționa ca niște mici magneți. RMI-ul utilizează un câmp magnetic puternic pentru a alinia câmpurile magnetice ale unor protoni din moleculele de apă. Apoi, scanerul utilizează o undă radio. Undele radio sunt o formă de lumină cu energie relativ scăzută, iar dacă fotonii radio au energia potrivită, pot determina micii magneți protonici să-și schimbe brusc direcția de rotație. Protonii răsturnați revin rapid la starea inițială și produc proprii fotoni, care pot fi detectați. Deoarece diferite tipuri de țesuturi și diferite niveluri de flux sanguin produc rezultate diferite, este posibil să se facă distincția între ele atunci când fotonii emiși sunt detectați de scaner.

Vânătoarea neutrinilor insesizabili

Fotoni de lumină cu energii adecvate nu sunt singurele particule care pot trece prin materia

solidă. În fiecare secundă, aproximativ 50 de trilioane de particule numite *neutrini* trec prin corpul tău. Aceste particule sunt emise de Soare şi de alte surse nucleare. Neutrinii sunt foarte greu de detectat. Sunt atât de greu de detectat încât, deşi teoria le-a prezis existenţa în anii 1930, *neutrinii* nu au fost observaţi efectiv timp de peste douăzeci de ani. Într-un experiment realizat la CERN, în Geneva, în 2011, s-a crezut că aceste particule au fost descoperite călătorind mai repede decât lumina, afirmându-se că teoria relativităţii lui Einstein s-ar prăbuşi dacă ceva ar putea face acest lucru.

Datorită uşurinţei cu care trec prin corpul tău, s-ar putea părea că *neutrinii* ar fi ideali pentru scanările medicale - problema este că nicio parte a corpului tău nu reprezintă o barieră semnificativă. Neutrinii au mai puţine probleme să treacă prin corp decât prin spaţiul gol. De fapt, majoritatea neutrinilor trec prin întreaga planetă Pământ ca şi cum aceasta nu ar exista. Singurul motiv pentru care le putem detecta este că, ocazional, una dintre ele se ciocneşte cu un atom sau o moleculă şi generează un mic jet de alte particule – nu vedem niciodată neutrinii în sine.

„Telescoapele” de neutrini sunt de obicei amplasate în mine, la câţiva kilometri sub pământ, unde este puţin probabil ca altceva să treacă şi să declanşeze reacţii în cuvele cu lichid de curăţare sau materiale similare, care sunt utilizate ca detectoare. Un astfel de dispozitiv a fost utilizat pentru a produce o imagine cu *neutrini* a Soarelui, care este foarte blocată - doar câţiva pixeli - şi este tipic pentru *neutrini* ca Soarele să se afle pe partea opusă a Pământului în acel moment.

Cel mai spectaculos detector de *neutrini* este observatorul IceCube de la Polul Sud. Acest dispozitiv remarcabil, finalizat în aprilie 2011, utilizează un kilometru pătrat de gheaţă ca mediu de detecţie, cu detectoare îngropate la aproape 2,5 kilometri adâncime, în căutarea micilor sclipiri în care *neutrinii* care sosesc se ciocnesc cu gheaţa de deasupra. Gheaţa acţionează atât ca barieră împotriva altor particule care provoacă semnale false, cât şi ca mediu de detecţie - gândul că micile sclipiri din adâncul gheţii antarctice dezvăluie *neutrini* proveniţi din reacţii nucleare îndepărtate din spaţiu are ceva mai degrabă înfricoşător.

Neutrinii pe care lumina nu i-a putut detecta

Descoperirea CERN se va dovedi probabil a fi o furtună într-un pahar cu apă. Experimentul a implicat trimiterea de *neutrini* pe o distanţă de 732 de kilometri (acest lucru nu are nimic de-a face cu cel mai faimos experiment al CERN, *Large Hadron Collider*). La sfârşitul călătoriei, s-a descoperit că cei câţiva *neutrini* care ar fi fost detectaţi au ajuns cu 0,00000006 secunde mai devreme decât ar fi trebuit. De departe, cel mai probabil motiv pentru acest lucru este că măsurarea distanţei a fost greşită. La momentul redactării acestui articol, rezultatul nu a fost reprodus în altă parte.

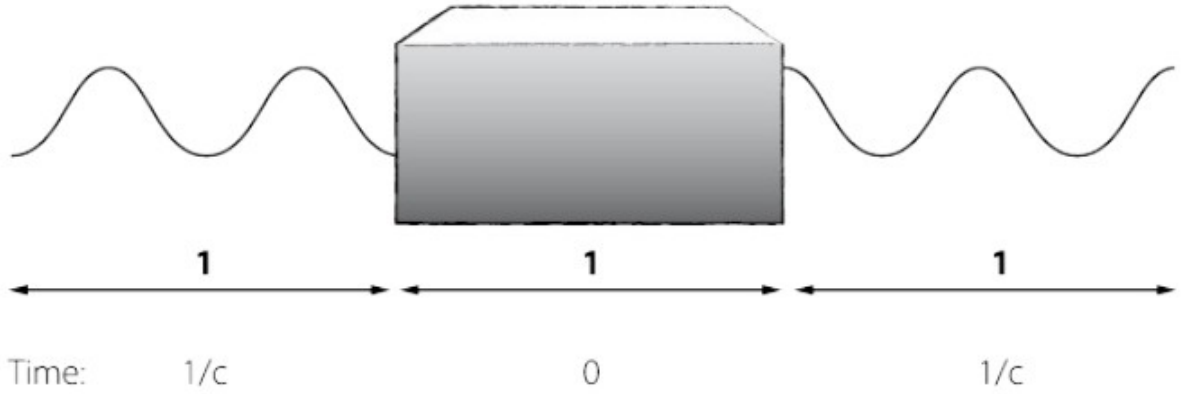
În lipsa acestui lucru, următoarea explicaţie cea mai probabilă este că *neutrinii* au încălcat regulile. Este greşit să se sugereze, aşa cum au făcut-o multe articole la momentul respectiv, că fizica modernă depinde într-un fel de faptul că nimic nu poate merge mai repede decât lumina. Relativitatea specială spune că acest lucru nu se va întâmpla ca regulă, dar este posibil să se ocolească „bariera”. De fapt, avem deja experimente bine stabilite în care particulele călătoresc mai repede decât viteza luminii.

Aceasta este o consecinţă a tunelării mecanicii cuantice. Unul dintre aspectele ciudate ale fizicii cuantice este că particulele nu au o locaţie absolută, ci doar o probabilitate de a se afla în diferite locuri. Acest lucru înseamnă că particulele pot sări peste un obstacol fără a trece prin spaţiul dintre ele.

Pare ceva obscur şi neobişnuit, dar aşa funcţionează Soarele (sau orice altă stea). Pentru ca fuziunea nucleară să aibă loc, protonii încărcaţi pozitiv trebuie să fie împinşi incredibil de aproape unul de altul - atât de aproape încât nici măcar temperaturile şi presiunile din Soare nu sunt suficiente pentru a declanşa reacţia. Soarele funcţionează doar pentru că, în fiecare secundă, miliarde de particule trec prin bariera repulsiei şi fuzionează.

Aceeaşi tehnică de tunelare a fost utilizată pentru a trimite particule mai repede decât lumina. Toate dovezile arată că o particulă care face tunel nu călătoreşte prin spaţiul prin care „face tunel”, ci dispare de o parte şi reapare instantaneu de cealaltă. Aşadar, dacă vă imaginaţi că un foton

parcurge 1 centimetru cu viteza luminii, face un tunel de 1 centimetru instantaneu și mai parcurge încă un centimetru cu viteza luminii, acesta va fi parcurs întreaga distanță cu o dată și jumătate viteza luminii - 1,5c, unde „c” este viteza luminii.



Diagramă care arată acțiunea unui foton cu efect tunel

Nu spun că asta se întâmplă în experimentul cu *neutrini*, dar îmi imaginez că cauza va fi ceva similar. Nu o prăbușire a relativității restrânse, ci doar o modalitate de a o ocoli. Asta în cazul în care nu este vorba de o eroare experimentală, ceea ce pare în continuare cel mai probabil.

Relativitatea specială a fost testată de atât de multe ori și a dat întotdeauna rezultate.

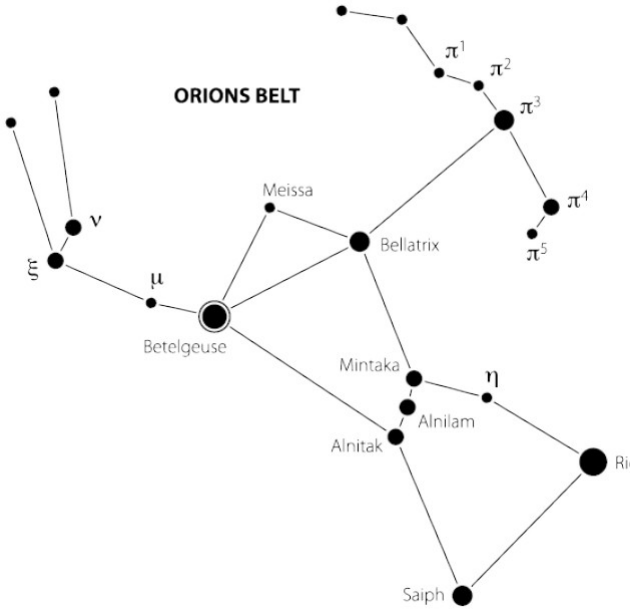
În orice caz, *neutrinii* nu se vor alătura prea curând setului de instrumente medicale utilizate pentru explorarea corpului dumneavoastră, dar, datorită activității unor instalații precum IceCube, ei prezintă interes pentru astronomi. În explorarea universului, la fel ca în investigarea măruntaielor corpului dumneavoastră, lumina este cea care domnește suprem. Lumina este vehiculul nostru suprem de explorare a spațiului, apropiat și îndepărtat, și este un vehicul pe care corpul tău este capabil să îl gestioneze.

4. Prin ochi proaspeți

Ochii sunt cel mai puternic mecanism de înțelegere a lumii din jurul tău - iar legătura lor cu restul universului este lumina. În acest capitol vom descoperi cât de mult vă permit ochii să înțelegeți și de la ce distanță. Ieșiți afară într-o noapte senină și uitați-vă la cer. Poate că nu este ceva ce puteți face imediat, dar faceți-o atunci când aveți ocazia. Luați-vă cinci minute pentru a privi cu adevărat stelele. Dacă aveți timp, scoateți un scaun și priviți pentru mai mult timp. La început poate părea banal, dar este cu adevărat una dintre cele mai uimitoare experiențe pe care le poți avea.

În centura lui Orion

Să spunem că puteți vedea constelația Orion (este vizibilă destul de bine în întreaga lume între noiembrie și februarie, este adesea vizibilă în alte perioade ale anului și este cam cea mai ușor de recunoscut constelație).



Constelația Orion

Deși constelațiile ocupă un loc important în astrologie, ele nu au nicio semnificație în știință. Cu toate acestea, ele sunt un mod util de a identifica anumite stele. Creierul nostru înțelege lumea prin modele. Le căutăm mereu - și le vedem chiar și atunci când ele nu există. Constelații precum Orion, W din Cassiopeia sau Crucea Sudului ne sar în ochi pentru că modulele de recunoaștere a modelelor din creier găsesc ceva de care se pot agăța.

Puțini oameni pot vedea imaginile figurilor clasice după care sunt numite majoritatea constelațiilor - Orion, de exemplu, ar trebui să fie un vânător care ține o bâtă. Dar există un model suficient de recognoscibil în acea colecție de stele - în special datorită proximității în linie dreaptă a celor trei stele din „centura” vânătorului - pentru ca Orion să sară din cer spre noi.

Nu numai că constelațiile sunt irelevante pentru astronomie, cu excepția rolului lor de indicator și etichetă de nume, dar astronomia ne arată cât de iluzorii sunt acestea. Stelele dintr-o constelație pot fi la distanțe enorme una de alta. Steaua din mijlocul centurii lui Orion, de exemplu, este de aproape două ori mai îndepărtată decât majoritatea celorlalte stele din constelație, dar acest lucru nu este deloc evident.

Stelele sunt denumite folosind un sistem introdus în 1603, într-un atlas stelar realizat de astronomul german Johann Bayer. Fiecare stea din constelație are un nume format din două părți, cu o literă greacă ca primă parte și forma genitivă latină a numelui constelației (forma care înseamnă „din” acea constelație) ca a doua parte. În teorie, stelele sunt enumerate în ordinea luminozității, dar Bayer nu s-a ținut întotdeauna de acest principiu - astfel, de exemplu, cele trei stele din centura lui

Orion sunt Delta Orionis, Epsilon Ononis și Zeta Orionis. Acest lucru nu funcționează în funcție de luminozitate, dar le face alfabetic de la nord la sud.

Stelele care nu se află în constelații primesc de obicei denumiri destul de plictisitoare, formate din litere și cifre. Și pentru a face lucrurile și mai confuze, stelele mai cunoscute au și un nume de alint - un singur cuvânt cu care sunt mai des denumite decât denumirea Bayer. De exemplu, cea mai strălucitoare stea din Orion (a șasea cea mai strălucitoare dintre toate stelele de pe cer, steaua din dreapta jos în diagrama lui Orion), deși tehnic este Beta Orionis, este mai cunoscută sub numele de Rigel.

În mod similar, a doua stea ca strălucire din Orion, Alpha Orionis (cea din stânga sus în diagramă), este mai cunoscută sub numele de Betelgeuse. Și aceasta se află în topul celor zece stele și are o nuanță roșie vizibilă. Betelgeuse este o stea uriașă - o supergigantă roșie. Dacă Soarele ar fi atât de mare, s-ar întinde aproape până la Jupiter.

Dar dacă Orion este vizibil, vreau să vă uitați la steaua din mijlocul centurii, Epsilon Orionis, cunoscută sub numele de Alnilam. Este timpul să vă antrenați ochii.

Dacă nu v-ați uitat niciodată cu adevărat la cerul nocturn, s-ar putea să nu fi observat că unele stele (și cel puțin o planetă) au culori distincte. Data viitoare când va fi o noapte senină, stați câteva minute afară și examinați cu atenție stelele. După un timp, ochii tăi vor deveni mai sensibili. Ar trebui să poți distinge câteva stele cu o nuanță roșiatică și câteva care par puțin mai albastre decât restul. Dacă există o stea foarte strălucitoare care este evident roșie, probabil că nu este deloc o stea, ci planeta Marte.

Alnilam este cea mai îndepărtată stea din Orion, dar, fiind o gigantă albastră strălucitoare, distanța ei nu se observă în mod special. Alnilam este foarte tânără în comparație cu alte stele - are doar aproximativ patru milioane de ani (în comparație cu 4,5 miliarde de ani în cazul Soarelui). Se află la aproximativ 1.340 de ani-lumină de Pământ.

Privind în trecut

După cum am menționat mai devreme, un an-lumină este distanța parcursă de lumină într-un an, ceea ce, având în vedere viteza luminii de aproximativ 300.000 de kilometri pe secundă, este un interval rezonabil. Alnilam se află la aproximativ 12.686.155.200.000.000 kilometri distanță. Comparați această distanță cu cea mai îndepărtată pe care au călătorit-o vreodată ființele umane, distanța până la Lună (doar 385 000 de kilometri) și vă puteți da seama că nu vom vizita Alnilam prea curând. Cu toate acestea, fără nicio tehnologie, pur și simplu deschizând ochii și privind în direcția potrivită, puteți vedea un obiect aflat la 12 686 155 200 000 000 de kilometri distanță. Ochii tăi sunt instrumente remarcabile pentru explorare.

Mai este un lucru ciudat când privești o constelație precum Orion - este o amestecătură de timp. Deoarece lumina are nevoie de timp pentru a ajunge la noi, vedem stelele așa cum erau atunci când lumina a pornit, nu așa cum sunt acum. Deoarece toate stelele principale din Orion se află la distanțe diferite, le vedem la momente diferite în trecut. În cazul lui Alnilam, o vedem așa cum era acum 1.340 de ani, în secolul al VII-lea. Este remarcabil să ne gândim cât de multe schimbări au avut loc aici, pe Pământ, în timp ce lumina pe care o vedem de la Alnilam a călătorit spre noi.

Valuri sau particule?

Să ne oprim un moment pentru a urmări lumina lui Alnilam de la crearea sa până în momentul în care ochii tăi o detectează. Lumina este alcătuită din particule minuscule și insubstanțiale de energie numite *fotoni*. Probabil ți s-a spus la școală că lumina este o undă, iar aceasta este o modalitate utilă de a o privi, deoarece fotonii au anumite particularități care îi fac să se comporte ca și cum ar face parte dintr-o undă. Dar raza de lumină provenită de la Alnilam este totuși un flux de fotoni.

Ceea ce se consideră a fi lungimea de undă sau frecvența luminii atunci când este privită ca o undă este doar energia fotonilor care alcătuiesc raza. Aceasta este ceea ce ochii noștri detectează ca fiind culoare și ne indică locul fotonilor în vastul spectru electromagnetic care se întinde de la

undele radio și microunde, până la lumina vizibilă și fotonii de mare energie, precum razele X și razele *gamma*.

Motivul pentru care fotonii par adesea să se comporte ca o undă este că au o proprietate numită „fază”, care variază ciclic în timp. Este ca și cum fiecare foton ar avea atașat un mic ceas cu un indicator care se mișcă foarte repede la 360 de grade. În orice moment, faza fotonului indică o anumită direcție, iar aceasta corespunde poziției în care s-ar afla o undă în mișcarea sa ascendentă și descendentă.

Izbucnind din inima unei stele

Fotonii care ajung la ochiul tău prin spațiu sunt creați în inima unei stele în timp ce aceasta suferă fuziune nucleară. Într-o stea precum Soarele, ceea ce se întâmplă este că nucleele de hidrogen - partea centrală minusculă a atomilor de hidrogen, sunt fuzionate pentru a forma nucleele următorului atom mai greu, heliul. În acest proces, se pierde o cantitate minusculă de masă, iar această masă este convertită în energie, urmând cea mai faimoasă ecuație din știință, $E=mc^2$.

Această ecuație ne arată cât de spectaculoasă este producția de energie. „c” din ecuație este viteza luminii, astfel încât obții o cantitate enormă de energie dintr-o cantitate minusculă de masă. Această energie apare sub formă de fotoni (și alte particule) în interiorul stelei. Aproape imediat, fotonii vor lovi alte particule și vor fi absorbiți, apoi vor fi reemiși alți fotoni. Acest proces se repetă de nenumărate ori, pe măsură ce lumina se reflectă treptat spre suprafața stelei. Poate dura un milion de ani de la începerea procesului până la apariția unui foton din Soare.

În Alnilam, lucrurile sunt puțin diferite, deoarece arde atât de repede și de intens încât probabil tot hidrogenul s-a consumat și este ocupat cu producerea altor elemente, dar efectul este același. După o serie de emisii și absorbții în adâncurile stelei, în cele din urmă un foton va ieși la suprafață. Acesta va avea mult mai puțină energie după acele miliarde de absorbții și reemisii. În timp ce inițial ar fi avut o energie mult mai mare decât cea a luminii vizibile, fiind astfel clasificat ca tip de lumină *gamma*, acum energia sa va fi scăzut suficient pentru a fi vizibilă - și se va îndrepta spre spațiu.

Călătoria stelară de 1.340 de ani

Odată ce fotonul scapă de pe suprafața stelei, nu mai poate fi oprit fără a fi distrus. Lumina trebuie să se deplaseze cu o viteză specifică, altfel nu poate exista. Așadar, ea străbate spațiul cu o viteză de 300.000 de kilometri pe secundă. Marea majoritate a fotonilor care ies din Alnilam nu se vor apropia de Pământ. Dar o mică parte dintre ei, inclusiv fotonul pe care îl urmărim, se vor îndrepta în direcția voastră.

Timp de 1.340 de ani, în ultimii 1.340 de ani ai istoriei noastre, acel foton va traversa spațiul până când va intra în atmosfera Pământului. Dacă va avea noroc, nu va fi absorbit de o moleculă din aer. Mulți fotoni vor fi absorbiți. De aceea, un telescop spațial precum satelitul Hubble poate obține fotografii mult mai bune decât un telescop terestru. Pe Pământ, aerul va însemna întotdeauna că pierdem o parte din lumină. Deși moleculele de aer vor reemite fotoni după ce i-au absorbit, nu îi vor trimite neapărat în aceeași direcție, astfel încât o parte din lumină va fi împrăștiată în cer, iar o parte care continuă în direcția noastră va călători pe o traiectorie ușor diferită, făcând steaua să pară că sclipește.

În cele din urmă, fotonul ajunge la ochiul tău. Acesta ar putea fi exact același foton care a părăsit Alnilam acum 1.340 de ani. Tot acest timp a traversat spațiul, doar pentru a dispărea din existență în momentul în care ajunge la ochiul tău. Dacă porți ochelari, va dispărea puțin mai repede. Pe măsură ce un foton se deplasează printr-o substanță precum sticla, este probabil să fie absorbit și reemis de mai multe ori. Și chiar dacă nu porți ochelari, nu va fi același foton pe care îl vezi, deoarece același proces de absorbție și reemitere va avea loc în interiorul ochiului tău înainte ca fotonul să ajungă la detectoarele de lumină. Cu toate acestea, procesul va fi declanșat de fotonul care a traversat 1.340 de ani-lumină de spațiu de la Alnilam.

Lentila distorsionantă

În cele din urmă, un foton va lovi retina din spatele ochiului tău. Împreună cu mulți alți fotoni declanșați de originalii din Alnilam, acesta va fi concentrat pe o mică zonă a retinei prin efectul de focalizare al lentilei ochiului tău. Ca toate dispozitivele optice, lentila depinde de modul în care lumina își schimbă direcția atunci când trece dintr-o substanță în alta pentru a modifica ceea ce se vede, un proces cunoscut sub numele de refracție.

Experiment - Creionul care se îndoaie

Umpleți o ceașcă sau un pahar cu apă în proporție de două treimi (cred că un pahar cu laturi drepte funcționează cel mai bine) și puneți un creion în el, astfel încât să traverseze paharul de la o parte la alta, coborând până la fund. Uitați-vă cu atenție la creion în punctul în care intră în apă. Se pare că se îndoaie ușor, apropiindu-se de a intra direct în ceașcă sau în pahar. Nu este o abatere uriașă, dar se observă clar că creionul pare să își schimbe ușor direcția. Acesta este rezultatul curbării luminii în timp ce intră în apă, la fel cum se întâmplă (chiar dacă mai mult) atunci când trece din aer în sticlă într-o lentilă.

Modul tradițional de a înțelege acest fenomen responsabil pentru focalizarea luminii în ochi este de a observa că lumina încetinește pe măsură ce intră în sticla unei lentile (sau în apa din pahar). Pentru a păstra aceeași energie, acest lucru înseamnă că frecvența trebuie să crească - undele vin mai des. Dacă vă imaginați un fascicul larg de lumină care lovește o bucată de sticlă într-un unghi, partea fasciculului care lovește prima sticla va avea o creștere a frecvenței, în timp ce lumina care călătorește încă prin aer va păstra aceeași frecvență. Acest lucru va duce la curbarea undei.

Abordarea teoriei cuantice asupra luminii și materiei este destul de diferită. Ea spune că un foton va urma, de fapt, toate căile posibile, fiecare cale având o probabilitate diferită. Pe măsură ce un foton se deplasează de-a lungul unei căi, proprietatea fotonului pe care am întâlnit-o deja, numită faza sa, variază în timp. Fiecare dintre căile diferite va da fotonului o fază diferită în momentul în care acesta intră în sticlă.

Pentru a afla ce se întâmplă de fapt, combinați fazele diferitelor traiectorii. Unele vor fi opuse și se vor anula reciproc. Veți rămâne cu fazele care indică aproximativ aceeași direcție. Și acestea se grupează în jurul traiectoriei care necesită cel mai puțin timp pentru foton. Deși un foton particular poate fi considerat ca urmând toate traiectoriile potențiale, în medie, fotonul va fi leneș și va alege ruta care necesită cel mai puțin timp. Vă puteți imagina că acest lucru este similar cu alegerea rutei care parcurge cea mai mică distanță - o linie dreaptă - dar, așa cum arată adesea sistemul de navigație, uneori merită să mergeți puțin mai departe pe drumuri rapide decât să alegeți cea mai scurtă rută dacă aceasta înseamnă să traversați centrul unui oraș.

Principiul Baywatch

Modul în care se comportă lumina atunci când trece din aer în apă sau din aer în sticlă este uneori descris ca principiul Baywatch. Imaginați-vă că pe plajă se află un salvamar îmbrăcat în roșu care vede pe cineva înecându-se. Înclinația lor naturală ar fi să alerge direct spre persoana care se înează. Dar aceasta nu este cea mai rapidă rută. Cel mai bun mod este să alergați puțin mai departe de-a lungul plajei, dacă astfel puteți parcurge o distanță mai scurtă prin apă. Alergarea pe plajă este mult mai rapidă decât alergarea sau înotul în apă, astfel încât este mult mai eficient să prelungiți puțin drumul pe uscat, ajungând astfel la persoana în pericol în cel mai scurt timp.

Exact același lucru se întâmplă când lumina trece din aer într-o substanță mai densă, cum ar fi sticla (sau apa). Deoarece lumina se propagă mai lent în sticlă, va ajunge mai repede la destinație dacă parcurge o distanță puțin mai mare prin aer, apoi o distanță mai scurtă prin sticlă. Lumina urmează calea Baywatch, ajungând în cel mai scurt timp.

Toate acestea se bazează pe ipoteza că lumina încetinește atunci când pătrunde în sticlă, dar lumina nu încetinește ușor. De fapt, ea trebuie să se deplaseze întotdeauna cu aceeași viteză în orice substanță, altfel nu ar mai putea exista. Dar teoria cuantică explică de ce, de fapt, lumina

încetinește. Fotonii interacționează întotdeauna cu materia, în special cu electronii din exteriorul atomilor. Când un foton se apropie de un electron, electronul va absorbi energia fotonului, devenind el însuși mai energic.

De obicei, însă, electronul nu este prea stabil în noua sa stare extra-energetică. El revine cu ușurință la starea sa inițială și emite un nou foton. Fotonul respectiv ar putea să se îndrepte în aceeași direcție, dar ar putea să se îndrepte și într-o direcție total diferită. În general, într-o substanță transparentă, fotonii reemiși continuă în aceeași direcție, trecând prin sticlă (sau orice altă substanță) în linie dreaptă. Dar nu vor trece la fel de repede dacă sunt absorbiți și reemiși, ceea ce se întâmplă inevitabil. Astfel, lumina încetinește.

Într-o substanță opacă, fotonul revine într-o altă direcție, diferită de cea în care a sosit. Datorită acestor fotoni noi care ajung la ochii noștri, putem vedea obiectul. Se credea că lumina se reflectă de obiect pentru a ajunge la ochii noștri, ca o minge care se lovește de un perete, dar, de fapt, ea este absorbită și reemisă. Majoritatea obiectelor sunt mai eficiente decât altele în a absorbi permanent anumite culori (transformând energia în căldură). În funcție de culorile luminii pe care obiectul le absoarbe în totalitate și pe care le reemite, vom vedea obiectul într-o anumită culoare. De exemplu, dacă un obiect absoarbe toate culorile curcubeului, cu excepția roșului, îl vom vedea ca pe un obiect roșu.

Privind prin lentilă

Datorită formei lentilei din ochi - aproximativ ca cea a unei linte, de unde provine și cuvântul „lentilă” - fotonii care se împrăștie dintr-un punct sunt readuși într-un punct de pe partea cealaltă. Forma curbată a lentilei înseamnă că fotonii care o lovesc din unghiuri diferite sunt îndoiți cu unghiurile necesare pentru a-i reuni din nou. În cazul cristalinului din partea din față a ochiului, acest proces, numit focalizare, produce o imagine a obiectului îndepărtat pe retină, ceea ce îți permite să vezi.

Există o singură problemă în utilizarea lentilelor: acestea nu sunt foarte bune la gestionarea unei game largi de culori. Gradul de deviere a unui fascicul de lumină depinde de culoarea acestuia. Acesta este modul în care un prismă produce un curcubeu din lumina albă. Cu o lentilă convexă (bombată) tradițională, lumina albastră va fi deviată puțin mai mult decât restul, iar lumina roșie puțin mai puțin. Rezultatul este că o imagine văzută printr-o lentilă simplă va avea margini curcubeu care o distorsionează.

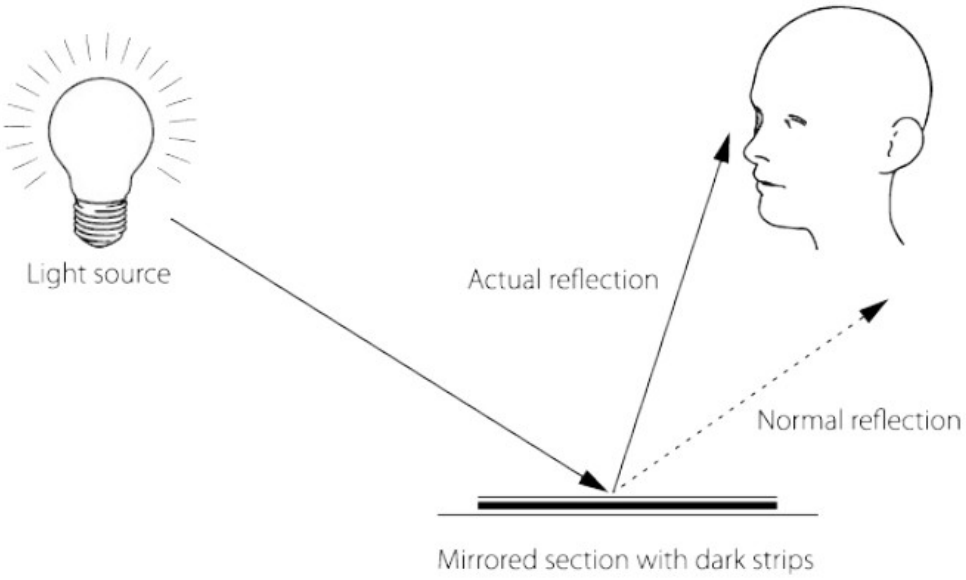
Soluția obișnuită pentru această problemă este fie utilizarea mai multor lentile într-o configurație compusă, în care o lentilă concavă ajută la corectarea problemelor cauzate de o lentilă convexă, fie utilizarea unei oglinzi în locul unei lentile. Oglinzile pot, de asemenea, focaliza razele de lumină din diferite locații într-un punct, dar nu fac diferența între culori. Acesta este, în parte, motivul pentru care telescoapele astronomice folosesc aproape întotdeauna oglinzi în loc de lentile pentru a colecta lumina. (Un telescop reflector este, de asemenea, mult mai scurt pentru aceeași putere în comparație cu un telescop bazat pe lentile.)

Printr-un geam, întunecat

La fel ca în cazul unui obiect opac, reflexia luminii pe o oglindă nu seamănă deloc cu o minge care ricoșează de un perete, odată ce o înțelegem la nivel cuantic. Când un foton lovește o oglindă, acesta se poate reflecta în orice unghi. (Folosesc aici termenul „reflectă” ca prescurtare. Rețineți că fotonii nu se lovesc deloc – fiecare foton este absorbit de oglindă și un nou foton este reemis. Dar efectul este ca și cum ar fi fost reflectat.)

Imaginați-vă o rază de lumină care lovește o oglindă și ricoșează în ochiul dumneavoastră. Teoria cuantică spune că fotonul nu trebuie să ajungă la mijlocul oglinzii și să se reflecte în ochi la același unghi, așa cum se întâmplă în diagramele de optică pe care majoritatea dintre noi le-am făcut la școală. Fotonii au probabilitatea de a urma orice cale posibilă, de a lovi oriunde pe oglindă, apoi de a ricoșa la unghiuri total diferite pentru a ajunge la ochi. Fiecare foton are o proprietate numită fază, care variază cu timpul. Dacă se adună probabilitățile de a urma diferitele rute și faza pe

care fotonul ar avea-o pe ruta respectivă, majoritatea se anulează. Rezultatul final este că lumina călătorește pe calea care durează cel mai puțin timp - ceea ce înseamnă, de obicei, reflexia la unghiuri egale.



Acțiunea luminii asupra unei oglinzi cu benzi întunecate pe ea

Dar faptul că toate celelalte probabilități se anulează reciproc nu înseamnă că ele nu există. Și poți dovedi acest lucru. Dacă tai cea mai mare parte a oglinzii, lăsând doar o secțiune pe o parte a centrului, evident că nu vei obține o reflexie din partea lipsă din mijloc. Dar dacă pui o serie de benzi subțiri și întunecate pe segmentul rămas, concepute astfel încât să lase disponibile doar acele traiectorii ale căror faze se adaugă, oglinda începe să reflecte, chiar dacă lumina se îndreaptă acum într-o direcție total nepotrivită pentru reflexie, așa cum o înțelegem noi.

Puteți experimenta efectiv reflexia care are loc la un unghi nebunesc din cauza efectelor cuantice, fără a vă juca cu oglinzi și benzi întunecate. Lumina albă vizibilă este un amestec de diferite culori de lumină, fiecare dintre acestea fiind reflectată la un unghi diferit de o astfel de oglindă în poziție incorectă, cu benzi întunecate pe ea. Luminați o astfel de oglindă specială cu o lumină albă și ar trebui să vedeți curcubee. Practic, toată lumea are un alt tip de oglindă care face același lucru - un CD sau un DVD. Întoarceți unul pentru a vedea partea strălucitoare și înclinați-l spre lumină. Modelele curcubeului pe care le vedeți se datorează rândurilor de gropițe de pe suprafață care taie toate traiectoriile cu anumite probabilități, lăsând diferitele culori ale luminii să se reflecte în ochi la unghiuri neașteptate.

Culorile dezordonate ale vederii

Oglinzile pot fi excelente pentru focalizarea luminii fără a o împărți în culorile sale componente, dar ochii dvs. nu ar funcționa dacă ar avea oglinzi în loc de lentile. Oglinzile nu sunt utile pentru a direcționa lumina de la Alnilam (sau de oriunde altundeva) către ochiul dvs. Așadar, ochiul folosește o lentilă, ceea ce înseamnă că va exista aberație cromatică. Dacă ați vedea efectiv ceea ce produce lentila din ochi, imaginea ar avea distorsiuni de culoare, lăsând margini dezordonate în jurul obiectelor pe care le vedeți. Dar, după cum vom descoperi, creierul construiește cea mai bună imagine posibilă din datele primite, iar acest proces include eliminarea efectelor aberației cromatice.

Asta înseamnă că, folosind inteligent diferite culori într-o operă de artă, este posibil să o faci să pară tridimensională sau să produci un efect neplăcut pentru ochi. De exemplu, literele roșii pe un fundal albastru pot fi destul de neplăcute la vedere. Un contrast puternic ca acesta face ca aberația cromatică să iasă în evidență, iar creierul tău nu poate ascunde efectele așa cum o face de obicei.

Experiment - Lentilele ochilor dvs.

Poți vedea un bun exemplu despre cum este atunci când creierul tău pur și simplu nu poate elimina aberația cromatică pentru că este prea puternică pe site-ul *The Universe Inside You* www.universeinsideyou.com . Selectați *Experiments* (Experimente) și faceți clic pe *The lenses of your eyes* (Lentilele ochilor). Aruncați o privire la cele două versiuni ale cuvântului „Iluzie". Este greu să vă dați seama ce este în neregulă cu imaginea, dar aceasta provoacă un anumit disconfort, deoarece creierul dumneavoastră încearcă să facă tot posibilul pentru a gestiona aberația vizuală extremă.

Apropo, un lucru pe care trebuie să-l aveți în vedere atunci când încercați să înțelegeți ce fac ochii voștri este că nu puteți vedea lumina. Pare o afirmație nebunească. Dar ceea ce vreau să spun este că nu poți vedea lumina în același mod în care poți vedea un copac sau un câine. Lumina care lovește nervii optici provoacă senzația de vedere. Vedem lucrurile atunci când acestea emit sau reflectă lumina și fotonii aceia lovesc ochii noștri. Dar nu poți vedea lumina pe măsură ce trece, deoarece lumina nu se reflectă de alți fotoni de lumină.

Este la fel de bine. Spațiul din jurul tău este umplut cu o rețea interpenetrantă de lumină și alte forme de radiații electromagnetice care sunt invizibile. Lumina soarelui, lumina artificială, radioul, televizorul, semnalele telefoanelor mobile, rețelele wireless - toate sunt același lucru, și dacă s-ar reflecta unele de altele, atunci nu am putea să le folosim - sau să vedem. Dacă luminezi cu o lumină puternică un tub negru și te uiți printr-o parte decupată, nu vei vedea nimic - lumina care trece prin gaură este invizibilă. Doar dacă în tub se află ceva care împrăștie lumina de pe traiectoria sa, cum ar fi fumul utilizat în afișajele laser, poți vedea un fascicul care trece.

Captarea fotonilor

În partea din spate a fiecărui ochi se află retina – un ecran foarte special din interiorul globului ocular. Pe aceasta se proiectează imaginea lui Alnilam când priviți cerul nocturn. Ecranul este acoperit de o rețea de aproximativ 130 de milioane de senzori minusculi, care au două forme: bastonașe și conuri. Bastonașele percep doar alb şi negru. Există aproximativ 120 de milioane de astfel de senzori, care sunt semnificativ mai sensibili decât cele trei tipuri de conuri, care percep culorile. Când lumina este slabă, conurile renunţă complet. În condiţii de lumină slabă, vedem lumea în alb şi negru - ceva ce mulți oameni, copii şi adulţi, nu vor crede până nu le demonstraţi.

Dacă aveți vreo îndoială cu privire la modul în care ochii dvs. își pierd capacitatea de a percepe culorile în condiții de lumină slabă, intrați într-o cameră cu perdele opace sau așteptați până se lasă noaptea și închideți perdelele obișnuite. Stați un minut sau două, până când ochii dvs. se obișnuiesc cu nivelul de lumină. Dacă nu vedeți deloc, puneți o lanternă sub pătură sau sub o pernă, astfel încât să se vadă doar o mică cantitate de lumină. Nimic nu trebuie să fie iluminat clar.

Acum privește în jurul tău. Privește-ți hainele, pielea, obiectele din jurul tău. Chiar dacă nu pare a fi un film alb-negru, nu vei putea distinge culorile obiectelor din jurul tău. Dacă poți distinge culorile, înseamnă că lumina este prea puternică – redu intensitatea luminii până când abia mai vezi și încearcă din nou.

Viziunea normală a culorilor funcționează prin combinarea celor trei culori primare, roșu, albastru și verde, din care se pot crea toate celelalte culori. Poate ți s-a spus că culorile primare sunt albastru, roșu și galben, dar acest lucru este pur și simplu greșit. Acestea sunt versiuni simplificate, pentru copii, ale culorilor secundare, *cyan*, *magenta* și *galben*, care sunt negative vizuale ale culorilor primare. Culorile secundare sunt culorile cheie pentru pigmenți - deoarece pigmenții absorb culorile primare ale luminii - dar nu sunt culorile primare adevărate.

Vederea nocturnă este destul de diferită de vederea în culori, înregistrând doar niveluri de luminozitate. Există însă o zonă de intersecție (numită vedere *mesopică*) în care ambele tipuri de vedere apar împreună. Atunci când experimentați acest lucru, este ca și cum o culoare cu totul nouă a fost adăugată spectrului, care nu a existat înainte. Vederea la acest nivel de lumină intermediar are calități ciudate - aceasta poate explica de ce atât de multe fantome și alte fenomene vizuale sunt

văzute la amurg. Este momentul în care ochii noştri sunt cel mai în măsură să ne inducă în eroare, deoarece două sisteme concurează pentru a produce informaţii pe care creierul să le gestioneze.

Conurile de detectare a culorilor sunt concentrate în jurul mijlocului ochiului - dacă lumina este foarte slabă, puteţi vedea lucrurile mai bine dacă nu vă uitaţi direct la ele, folosind abundenţa de bastonaşe de la marginile vederii. Se pare că ochii tăi sunt configuraţi în acest fel pentru a putea fi atenţi la prădătorii care se furişează noaptea. Se poate spune că cele trei tipuri de conuri se ocupă de roşu, albastru şi, respectiv, verde, deşi gama de culori pe care le gestionează se suprapune puternic. Mai degrabă, sensibilitatea lor maximă este într-o anumită gamă de culori. Nu toate animalele au acelaşi set de senzori. Unele sunt daltoniste. Altele, precum câinii, au o viziune limitată a culorilor, cu doar două tipuri de conuri.

De la lumină la minte

Fotonul pe care l-am urmărit de la Alnilam până la ochiul tău ajunge în partea din spate a retinei (în mod ciudat, receptorii din ochi sunt orientaţi invers, cu părţile sensibile în spate, probabil ca urmare a unei întâmplări ale evoluţiei). Pe suprafaţa fiecărui senzor se află un set de molecule speciale numite „fotoreceptori”. Când electronii din acestea absorb fotonii de lumină, se generează o mică sarcină electrică care este punctul de plecare pentru transmiterea unui semnal către creierul tău.

Unele dintre semnale sunt combinate în această etapă înainte de a fi trimise către nervul optic. În nerv există considerabil mai puţine fibre decât senzori, aşa că trebuie să existe o preprocesare în ochiul tău înainte ca semnalul să ajungă la creier. În general, conexiunile din ochiul drept merg către partea stângă a creierului, iar cele din ochiul stâng către partea dreaptă a creierului, dar o parte din fibre trec pe partea cealaltă, astfel încât unele semnale din ochiul drept sunt procesate împreună cu informaţiile din ochiul stâng. Această încrucişare permite funcţionarea vederii 3D – la păsări, de exemplu, unde ochii funcţionează mai independent decât ai noştri, încrucişarea este mult mai redusă.

În această etapă, avem o serie de semnale electrice. Creierul le procesează acum folosind o colecţie de module care gestionează diferite aspecte ale vederii. Aceste module (nu părţi separate ale creierului, ci funcţii separate în cadrul acestuia) se ocupă de detectarea mişcării, selectarea detaliilor, recunoaşterea tiparelor, recunoaşterea formelor şi aşa mai departe.

După această procesare iniţială, creierul tău ajunge la un set de date, pe care le foloseşte pentru a construi imaginea a ceea ce vezi. El construieşte un cer nocturn cu steaua Alnilam în centrul atenţiei tale. Acest lucru este total diferit de modul în care o cameră foto captează o imagine. Ceea ce „vezi” este o construcţie artificială pe care creierul o realizează din toate aceste semnale şi procesări. Într-un fel, este mult mai puţin „real” decât o simplă fotografie.

Viziunea ta artificială asupra lumii

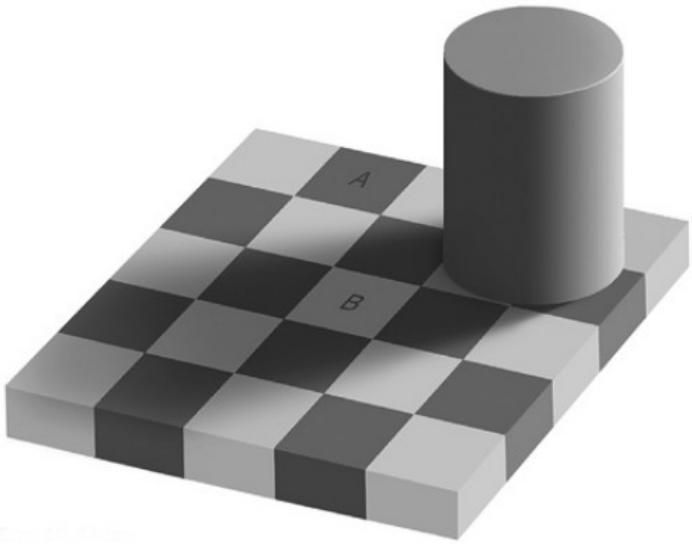
Natura artificială a vederii este motivul pentru care iluziile optice funcţionează. Creierul dumneavoastră construieşte mereu imagini despre modul în care crede că ar trebui să fie lucrurile, mai degrabă decât despre modul în care acestea sunt optic. Imaginea proiectată pe retină, de exemplu, este răsturnată - creierul o întoarce. Această înşelătorie a creierului poate fi demonstrată grafic prin purtarea unor ochelari speciali care îţi întorc vederea cu susul în jos. După câteva ore, creierul s-a săturat să fie păcălit şi întoarce imaginea pe dos. O persoană care poartă aceşti ochelari inversaţi începe să vadă din nou lucrurile corect.

Experiment - Confuzia creierului tău

Iată un exemplu simplu al modului în care tehnologia sofisticată a creierului pentru identificarea formelor şi nuanţelor poate fi utilizată pentru a produce o imagine înşelătoare.

Cu toţii suntem familiarizaţi cu aspectul unei table de şah, iar creierul nostru ştie cum să proceseze efectele umbrelor. Dar această imagine este desenată într-un mod care induce în mod special în eroare interpretarea acestor efecte. În imaginea de mai jos pare destul de clar

că pătratul A, unul dintre pătratele negre, este mult mai întunecat decât pătratul B, unul dintre pătratele albe. De fapt, însă, ambele sunt exact în aceeaşi nuanţă de gri.



Iluzia optică a tablei de şah

Poate ţi se pare greu de crezut, dar poţi dovedi acest lucru dacă împăturești pagina şi aduci cele două pătrate împreună. Vei descoperi că au exact aceeaşi nuanţă. Dacă nu doriți să distrugeți cartea, accesați www.universeinsideyou.com . Faceți clic pe *Experimente* şi apoi pe *Experimentul cu tabla de şah*. Acesta conţine un videoclip în care pătratul marcat cu A este mutat în jos, spre pătratul marcat cu B, astfel încât să puteți vedea că sunt într-adevăr de aceeaşi nuanţă.

Un alt exemplu de „înşelăciune” a creierului este modul în care acesta elimină punctul orb. O parte a ochiului tău nu funcționează. În locul în care nervul optic se unește cu retina nu există senzori. Dar creierul tău combină informațiile primite de la cei doi ochi pentru a face punctul orb să dispară. În mod similar, când priveşti cerul nocturn, vederea ta pare stabilă şi nemişcată, dar, în realitate, ochii tăi fac în mod regulat mici mişcări rapide numite *sacade*.

Această mişcare rapidă a globilor oculari ajută creierul să construiască o imagine mai detaliată a lumii din jurul tău. *Sacadele* au loc foarte repede - sunt cele mai rapide dintre toate mişcările externe ale părților corpului tău - mişcând globul ocular cu aproximativ 10 grade în doar 1/100 de secundă. Dacă ați vedea o reprezentare reală a ceea ce percep ochii, totul ar fi constant neclar şi ar sări în toate părțile, aşa că creierul pur şi simplu editează părțile pe care nu trebuie să le vedeți.

Realitatea cuantică

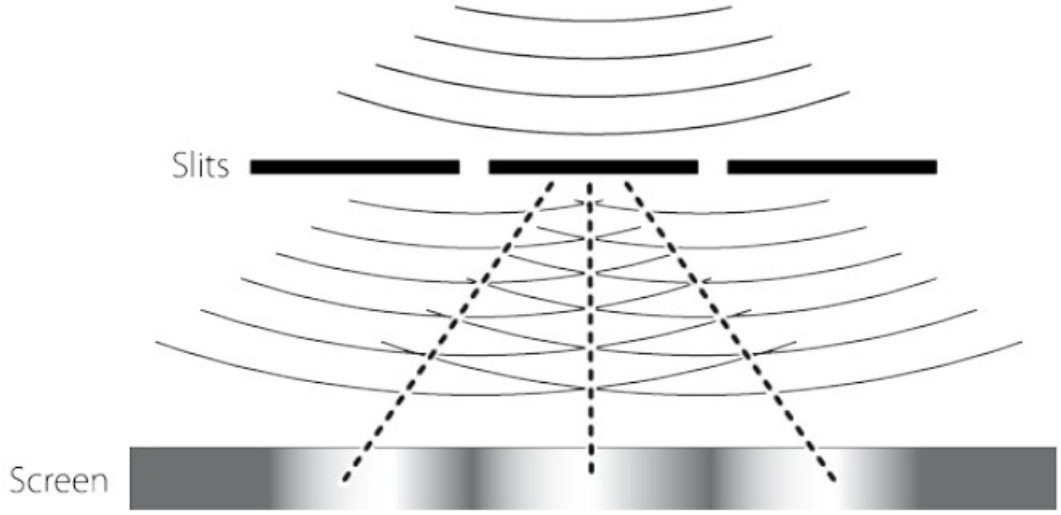
Am auzit de mai multe ori că fotonul care a traversat spațiul până la ochiul dvs. pentru a vă permite să vedeți stelele este o particulă cuantică, dar ce înseamnă asta de fapt? „Cuantic” este unul dintre acele cuvinte pe care le auzim destul de des, dar nu este întotdeauna clar despre ce vorbesc oamenii. Nu ajută faptul că cuvântul este folosit atât de vag, fie că este vorba de produse ciudate care oferă ceva de genul „terapie vibrațională cuantică”, fie că este vorba de utilizarea obişnuită „un salt cuantic”, care pare să răstoarne sensul cuvântului „cuantic”.

„Cuantum” în sensul utilizat în fizică înseamnă cea mai mică cantitate dintr-un anumit element care poate exista. Este un pachet minuscul dintr-un anumit element. După cum am văzut, termenul a fost utilizat inițial pentru a se referi la ceea ce avea să devină cunoscut sub numele de fotoni, dar acum, în sensul particulelor cuantice şi al fizicii cuantice, este ştiința care se ocupă de particule foarte mici şi de comportamentul acestora.

Odată ce oamenii de știință au devenit conștienți de lumea cuantică la începutul secolului al XX-lea, nu a durat mult până au descoperit că aceasta este un loc ciudat, ca în *Alice în Țara Minunilor,* unde particulele nu se comportă ca versiuni mai mici ale obiectelor mai mari cu care suntem familiarizați în viața de zi cu zi. Când aruncăm o minge, putem prezice exact ce va face (având suficiente informații). Dar când ne uităm la o particulă cuantică, putem doar să oferim probabilități cu privire la locul în care se află și la modul în care se mișcă. Până când nu efectuăm o măsurătoare și nu fixăm particula, există doar probabilitatea.

Prin fante Young

Probabil cel mai simplu exemplu de ciudățenie cuantică este un experiment care datează de la începutul anilor 1800, numit *fante Young*. Acesta a fost folosit pentru a „dovedi" că lumina era o undă. Pentru a realiza experimentul, un fascicul de lumină concentrat este trimis printr-o pereche de fante separate la o distanță mică. Fasciculele amestecate din cele două fante cad apoi pe un ecran aflat la o anumită distanță în spate. În loc să apară ca două pete luminoase, câte una pentru fiecare fantă, rezultatul este o serie de franjuri luminoase și întunecate pe ecran.



Fantele Young

Acest lucru a fost interpretat ca dovadă că lumina este o undă, deoarece aceste franjuri par a fi un model de interferență. Când două unde de apă se intersectează, se poate forma un model regulat. În cazul în care ambele unde urcă în același punct, se va produce o unda puternică ascendentă. În mod similar, în punctele în care ambele unde coboară, se va forma o adâncitură. Dar dacă o undă urcă într-un punct în care cealaltă undă coboară, ele se vor anula reciproc, rezultând un nivel uniform al apei. Aceasta este interferența. Dacă lumina ar face același lucru, marginile întunecate ar fi acolo unde undele s-au anulat reciproc, iar cele luminoase ar fi acolo unde undele s-au adunat.

O astfel de interferență nu pare posibilă cu particulele. Imaginați-vă un număr mare de bucăți de chit aruncate pe un perete prin două fante - nu s-ar forma niciun model de margini. Și totuși, acum știm că lumina este un flux de fotoni. Deci, cum obțin acest efect? În mod surprinzător, chiar dacă trageți un foton la un moment dat către perechea de fante, în cele din urmă se formează un model de interferență. Cu ce ar putea interfera fotonii individuali pentru a provoca franjurile?

Aici intervine ciudățenia cuantică. Acest lucru se întâmplă deoarece fiecare foton trece prin ambele fante și interferează cu el însuși! Amintiți-vă că o particulă cuantică poate fi considerată ca parcurgând toate căile posibile de la A la B, fiecare cu probabilități diferite. Deoarece nu are o poziție exactă, ci este mai degrabă o combinație a tuturor acestor posibilități diferite, un singur foton va trece prin ambele fante. Probabilitatea locului în care poate fi găsit este răspândită ca o

undă și, de fapt, această undă de probabilitate este cea care provoacă un model de interferență pentru particule.

Dacă introduceți detectoare speciale în experiment care specifică prin care fantă a trecut fotonul, dar îl lăsați totuși să treacă, modelul dispare, producând o pereche de pete luminoase pe ecran, exact așa cum v-ați aștepta cu bucăți de chit. Dacă efectuați o măsurătoare, forțând fotonul să se afle într-un singur loc, în loc să se răspândească într-o gamă de probabilități de-a lungul tuturor căilor posibile, acesta nu poate trece prin ambele fante. Este suficient să priviți un foton pentru a-i provoca o schimbare totală de comportament.

Incertitudinea domnește

Teoria cuantică poate părea obscură, dar țineți minte că de fiecare dată când vă folosiți ochii și priviți ceva, acesta este un proces cuantic în acțiune. De fapt, întregul vostru corp este alcătuit din atomi, fiecare dintre ei fiind alcătuit din particule cuantice. Probabil cel mai cunoscut termen care se aplică particulelor cuantice este „principiul incertitudinii”. Acesta este uneori interpretat ca însemnând că nimic nu este sigur într-un univers cuantic - dar nu este genul acela de concept filosofic. Principiul incertitudinii (numit uneori principiul incertitudinii al lui Heisenberg, după numele savantului german care l-a formulat) afirmă pur și simplu că, cu cât cunoașteți mai bine una dintre cele două informații legate între ele despre o particulă cuantică, cu atât o cunoașteți mai puțin pe cealaltă. De exemplu, cu cât știți mai precis unde se află o particulă, cu atât mai puțin precis îi puteți cunoaște impulsul (adică masa înmulțită cu viteza). Dacă îi cunoașteți impulsul cu exactitate, particula ar putea fi oriunde în univers.

O modalitate bună de a ilustra principiul incertitudinii este să vă imaginați că fotografiați o particulă. Dacă fotografiați cu o viteză foarte mare a obturatorului, particula va fi înghețată în spațiu. Veți obține o imagine clară și bună a aspectului particulei. Dar nu veți putea spune nimic despre modul în care se mișcă. Ar putea fi staționară sau ar putea trece în viteză. Dacă, pe de altă parte, faci o fotografie cu o viteză foarte mică a obturatorului, particula va apărea pe aparatul foto ca o pată alungită. Acest lucru nu îți va spune prea multe despre aspectul particulei – este prea neclară –, dar îți va da o indicație clară despre viteza cu care se mișcă. Compromisul dintre impuls și poziție este cam așa.

Legătura

Există multe (multe!) alte întâmplări uluitoare la nivel cuantic, dar vreau să menționez pe scurt cea mai remarcabilă, numită **legătură cuantică**. Aceasta spune că poți lega două particule cuantice astfel încât să formeze efectiv o singură entitate, chiar dacă una ar putea declanșa vederea la ochiul tău, în timp ce cealaltă se află la ani-lumină distanță în spațiu. Adesea, această legătură implică o caracteristică particulară a unei particule, cum ar fi spinul său.

Spinul cuantic este un lucru ciudat – nu este vorba despre o particulă care se învârte ca Pământul. Este o măsurătoare pe care o poți face unei particule care este digitală. Asta înseamnă că, atunci când o măsori într-o anumită direcție, ea poate avea doar una dintre cele două valori, sus sau jos. Înainte de a face măsurătoarea, particula nu are o valoare pentru spinul său, ci doar o probabilitate a diferitelor rezultate.

Ar putea, de exemplu, să aibă o șansă de 50:50 de a fi sus sau jos. Deci, jumătate din timp, efectuând o măsurătoare asupra unei astfel de particule, ai obține valoarea „sus” și jumătate din timp ai obține valoarea „jos”. Până când nu efectuați măsurarea, însă, nu aveți cum să știți ce veți găsi, deoarece particula nu se află într-o stare sau alta – se află în ceea ce se numește o superpoziție a stărilor, atât în sus, cât și în jos în același timp, la fel cum fotonul urmează toate traiectoriile posibile până când îl fixați.

Acum imaginați-vă că legăm între ele două astfel de particule cuantice. Le putem împleti în așa fel încât, atunci când măsurăm spinul uneia, să știm cu certitudine că cealaltă va avea spinul opus. (Există mai multe moduri de a face acest lucru. Cel mai simplu este să creăm doi fotoni din același electron în același timp.)

Acum vine partea interesantă. Puteți separa cele două particule cât de mult doriți – trimițând una în partea opusă a universului, dacă doriți – și când verificați spinul particulei „de acasă” și, să zicem, este sus, știți cu certitudine că cealaltă este jos.

S-ar putea părea că nu este mare lucru. La urma urmei, imaginați-vă că aveți o monedă de o liră și o tăiați în jumătate de-a lungul marginii înguste. Veți obține două monede cu jumătate de lățime, una cu capul în sus, cealaltă cu coada în sus. Puneți o jumătate de monedă, fără să o vedeți, în buzunar și trimiteți cealaltă jumătate în partea opusă a universului, din nou, fără să o vedeți mai întâi. Acum uitați-vă la jumătatea din buzunar. Este cap, așa că știți instantaneu că cealaltă jumătate este coadă. Nu este fizică cuantică. Dar particulele cuantice sunt total diferite de aceasta.

Monedele pe jumătate aveau valoarea „cap” sau „pajură” din momentul în care le-ai creat. Dar când creezi particule **legate**, niciuna dintre ele nu are o valoare predefinită pentru spin. Fiecare este în mod autentic atât sus, cât și jos, cu o probabilitate de 50% de a fi una dintre cele două atunci când este măsurată. Cele două particule sunt identice. Doar când te uiți la una și ea se așează aleatoriu în poziția sus, cealaltă, instantaneu, indiferent de distanță, devine jos. Un mesaj a traversat universul instantaneu. Este posibil să testezi dacă particulele au deja informația ascunsă în secret sau o generează când sunt privite – și nu există valori secrete.

Dacă ai putea folosi un astfel de mecanism pentru a trimite un mesaj, acesta ar ajunge instantaneu oriunde în univers. În practică, însă, nu există nicio modalitate de a trimite informații utile în acest fel. Rezultatele trimise prin această legătură stranie sunt aleatorii, deci nu pot transporta nimic semnificativ. Nu poți alege dacă spinul va fi în sus sau în jos, se întâmplă aleatoriu.

Chiar și așa, modul în care legătura transferă informații poate fi utilizat pentru unele aplicații remarcabile, de la metode de criptare sigură a datelor și computere care pot rezolva probleme care ar necesita o perioadă de timp egală cu durata de viață a universului pentru a fi rezolvate de mașinile convenționale, până la teleportarea cuantică - o versiune în miniatură a unui transportor *Star Trek* care face posibilă crearea unei copii exacte a unei particule sau a unui ansamblu de particule într-o locație îndepărtată.

Un întreg normal din părți cuantice

Poate că paradoxul suprem al teoriei cuantice este existența corpului tău. După cum am văzut, fiecare parte a acestuia este alcătuită din particule cuantice - fiecare atom din interiorul tău este o colecție de particule cuantice. Simțurile tale funcționează pe baza impulsurilor electrice și chimice, care sunt procese care implică particule cuantice. Când vezi lumina care vine de la steaua îndepărtată Anilam, aceasta este o particulă cuantică care a traversat spațiul, iar un proces cuantic permite ochiului tău să o detecteze.

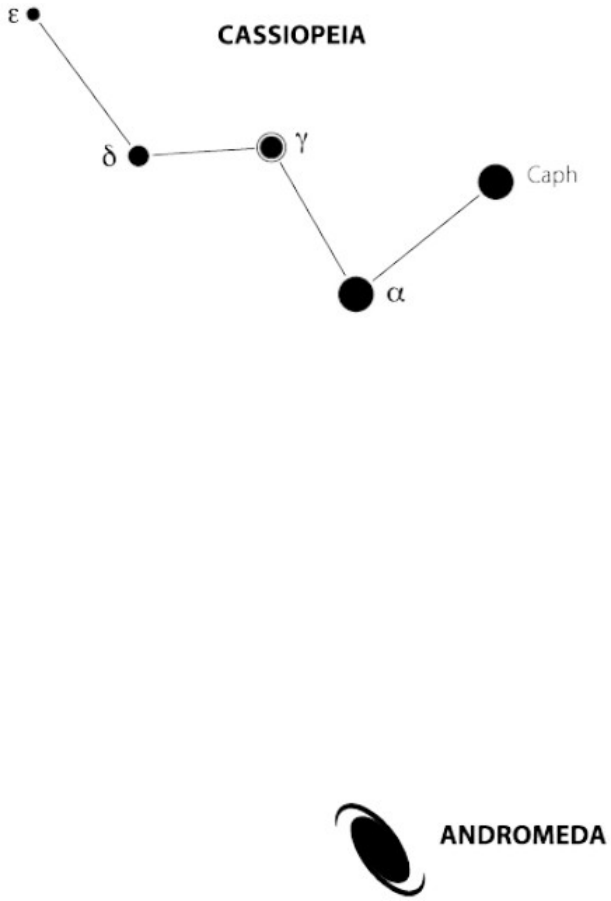
Corpul tău este o mașină cuantică și, totuși, vezi și experimentezi o lume normală, aparent necuantică, în care probabilitatea nu domnește și lucrurile nu pot fi în mai multe locuri în același timp. Aș vrea să pot oferi o explicație pentru acest lucru, dar nu pot. Nimeni, de la cel mai renumit profesor de fizică în jos, nu înțelege de ce elementele cuantice ale realității se comportă într-un anumit fel, în timp ce experiența noastră de zi cu zi este total diferită. În acest moment, tot ce putem face este să ridicăm din umeri și să spunem „Așa stau lucrurile”.

O realizare galactică

Să ne uităm din nou la cerul nopții. Dacă vă aflați în emisfera nordică, mai există o altă caracteristică care merită să fie observată în explorarea universului prin capacitățile corpului vostru. Una dintre cele mai ușor de recunoscut constelații este Cassiopeia. Din nou, recunoașterea modelelor este la lucru aici – cele cinci stele principale ale constelației formează o literă **W** mare, care este greu de ratat (deși s-ar putea să vi se pară mai degrabă un **M**). Dar nu Cassiopeia în sine ne interesează.

Dacă vă gândiți la Cassiopeia ca la un **W**, tratați al doilea **V** din **W** ca pe o săgeată și urmați-i indicația pe o distanță aproximativ egală cu întreaga întindere a Cassiopeiei. Astfel, veți ajunge la o constelație mult mai puțin evidentă, numită Andromeda. În jurul punctului în care ați ajuns, se vede

cu ochiul liber o mică pată de lumină difuză. Dacă ați privi-o printr-o pereche de binocluri suficient de bune, ar deveni evident că nu este o stea obișnuită.



Locația galaxiei Andromeda

Dacă puteți vedea această mică pată, înseamnă că vedeți cât de departe este omenește posibil fără mărire. Ochiul tău realizează o performanță uimitoare. Această pată neclară este galaxia Andromeda, cea mai apropiată galaxie mare de Calea noastră Lactee. Dar „aproape” este un lucru relativ în termeni intergalactici. Galaxia Andromeda se află la 2,5 milioane de ani lumină distanță. Când fotonii de lumină care vă lovesc ochiul și-au început călătoria, nu existau ființe umane - încă nu evoluasem. Vedeți o distanță aproape de neconceput.

Ochii tăi sunt detectori de lumină foarte buni. Este nevoie doar de o mână de fotoni pentru a declanșa un semnal în creierul tău. Cu toate acestea, vederea are limitele sale. Poți vedea doar o mică parte din lumina care se revarsă asupra ta din Andromeda și din alte părți ale spațiului. Senzorii din ochii tăi reacționează doar la o parte foarte mică din spectru.

Urina care strălucește în întuneric

Domeniul vizual se extinde puțin mai mult la alte animale. Multe păsări, de exemplu, au un set suplimentar de conuri care se întind până în ultraviolet. Acest lucru este util pentru șoimii pe care îi vedeți planând deasupra drumului, vânând mamifere mici. Ei sunt în căutarea șoarecilor, popândăilor și cârtițelor, care sunt destul de bine camuflați în iarba sălbatică în lumina obișnuită. Dar aceste animale mici urinează constant, iar urina lor strălucește în ultraviolet. Șoimul nu își zărește prada, ci urmărește o urmă de urină și se năpustește asupra ei.

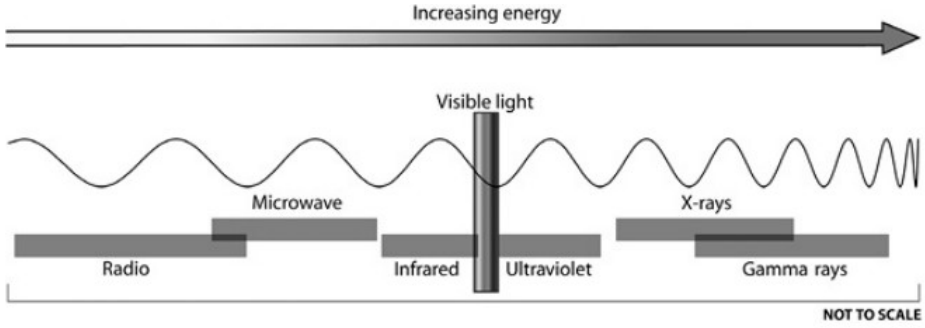
Există o modalitate prin care și tu poți vedea ultravioletul, chiar dacă doar indirect. Când te uiți la un obiect fluorescent, acesta pare să strălucească de la sine. De obicei, când vedem ceva, fotonii pe care îi reemite sunt în același interval de energie cu cei pe care îi absoarbe. Dar fluorescența implică absorbția fotonilor ultravioleți de către un obiect, care apoi emite lumină

vizibilă. Astfel, vedeţi o lumină „suplimentară” care provine de la obiect ca urmare a radiaţiei primite, care iniţial era invizibilă. Acelaşi lucru se întâmplă cu becurile fluorescente – ultravioletul este produs în interiorul becului şi stimulează un înveliş exterior fluorescent să emită lumină vizibilă.

Experiment - Fluorescenţa în acţiune

Faceţi rost de o sursă de lumină ultravioletă. Puteţi cumpăra lămpi cu ultraviolete destul de ieftine, dar dacă aveţi un televizor cu ecran plat care luminează albastru atunci când nu există semnal, acesta este, de asemenea, o sursă bună de ultraviolete. Încercaţi o serie de surse potenţiale de fluorescenţă. Căutaţi obiecte cu culori „*dayglo*” (luminoase). Încercaţi o cămaşă albă care a fost spălată recent - detergentul alb a adăugat material care devine fluorescent pentru a da o nuanţă „mai albă decât albul”. De asemenea, veţi descoperi că coperţile de reviste şi ambalajele de produse mai stridente sunt adesea fluorescente pentru a atrage atenţia.

Ultravioletul şi vizibilul reprezintă doar o fracţiune a spectrului de lumină. În timp ce staţi în grădină şi vă uitaţi la stele, sunteţi scăldat într-o întreagă gamă de fotoni pe care ochii dumneavoastră nu îi pot detecta. Cel mai puţin energetic este radioul, de la staţiile de emisie la WiFi şi telefoanele mobile. Apoi sunt microundele, utilizate pentru comunicaţii pe distanţe mai scurte, precum şi radarele şi cuptoarele omonime. Şi chiar înainte de a ajunge la lumina vizibilă, există infraroşu, pe care îl puteţi simţi drept căldură.



Spectrul electromagnetic

În cele din urmă, chiar mai energice decât razele ultraviolete sunt razele X şi razele *gamma*. Distincţia dintre cele două reflectă modul în care sunt produse. Razele X sunt produse în acelaşi mod ca şi lumina obişnuită, din electronii de la exteriorul atomilor care emit energie. Razele *gamma* provin din nucleul unui atom. Există o suprapunere considerabilă de energie între cele două. Ambele sunt numite „raze” din motive istorice, dar sunt exact aceleaşi fotoni ca orice altă parte a spectrului, doar că au o energie mai mare.

Rămăşiţe ale Big Bang-ului?

Toate aceste tipuri diferite de fotoni, inclusiv lumina vizibilă captată de ochii tăi, curg spre tine din stele. Cu cât vin de mai departe, cu atât vezi mai departe în timp. Fotonii care au călătorit cel mai mult sunt uneori numiţi ecoul Big Bang-ului, şi pentru un motiv foarte bun - par să vină de pretutindeni şi de nicăieri.

Deşi televizoarele cu reglare manuală care recepţionează un semnal analogic (mai degrabă decât unul digital) sunt relativ rare în zilele noastre, probabil că aţi văzut unul. Dacă da, sunteţi familiarizaţi cu zăpada de puncte albe care dansează pe ecran atunci când aparatul nu este reglat pe un anumit canal. O parte din aceasta este interferenţă terestră, dar o parte provine din spaţiul cosmic. De fapt, un televizor de acest tip este un radiotelescop rudimentar, care recepţionează fotoni care şi-au început călătoria la aproximativ 300.000 de ani după Big Bang - acum peste 13 miliarde de ani.

Probabil ați văzut și radiotelescoape, cel puțin în fotografii. De obicei, acestea sunt antene parabolice mari, unele dintre ele având sute de metri în diametru. Aceste antene acționează ca o oglindă într-un telescop optic, colectând semnalele radio de la o sursă îndepărtată și focalizându-le pe un receptor. Dar pentru ca televizorul să capteze fotonii în modul menționat mai sus, nu este necesar ca antena să fie orientată în direcția Big Bang-ului. Acest lucru ridică o întrebare importantă: dacă universul a început dintr-un singur punct, așa cum susține teoria Big Bang-ului, unde se afla acel punct?

Ridicați un deget, la aproximativ 30 de centimetri în fața nasului. Luați un deget de la cealaltă mână și țineți-l astfel încât vârful acestuia să fie foarte aproape de vârful primului deget. Punctul dintre aceste degete este locul în care a avut loc Big Bang-ul.

Aceasta pare o afirmație ridicolă. Cum pot ști că vă aflați exact în locul potrivit pentru a identifica locul în care a avut loc Big Bang-ul?

Universul în expansiune

Pentru a explica acest lucru, trebuie să explorăm un alt lucru ciudat despre univers. Dacă vă uitați la galaxiile îndepărtate, aproape toate se îndepărtează de a noastră. Cu excepția câtorva galaxii foarte apropiate, cum ar fi Andromeda (care este foarte apropiată pe scara universului, la doar 2,5 milioane de ani lumină!), totul se îndepărtează de noi. Pare uimitor că se întâmplă să ne aflăm în centrul universului și, prin urmare, în locul în care s-a produs Big Bang-ul. Prea uimitor, de fapt.

Experiment - Umflarea universului

Pentru a înțelege de ce Big Bang-ul a avut loc în acel punct din fața nasului tău și de ce noi părem a fi în centrul universului, ia-ți un balon. Desenați câteva pete pe el cu un creion - acestea reprezintă galaxiile. Umflați puțin balonul și vedeți cât de departe sunt galaxiile una de cealaltă. Acum umflă-l un pic mai mult și privește din nou. Cum se mișcă galaxiile?

Petele care reprezintă galaxiile se îndepărtează unele de altele. Cu toate acestea, petele nu se deplasează de fapt pe balon. Ele sunt încă pe aceeași bucată de cauciuc, așa cum au fost întotdeauna. În schimb, balonul însuși este cel care se mărește. În mod similar, spațiul din univers este cel care se extinde. Astfel, oriunde te-ai afla în univers, toate celelalte galaxii se îndepărtează de a ta, la fel cum s-a întâmplat cu balonul, dar nicio galaxie nu poate pretinde că se află în centrul universului.

Acum lasă aerul să iasă din balon. Acesta devine din ce în ce mai mic. Este ca și cum ai merge cu timpul înapoi. În practică, balonul se va opri din micșorare atunci când va reveni la dimensiunea inițială, dar imaginați-vă că devine din ce în ce mai mic până când devine un punct minuscul. Fiecare bucățică de cauciuc ar fi în punct. Ați putea alege orice loc de pe balon în timp ce acesta era încă umflat și ar ajunge în acel singur punct. În același mod, Big Bang-ul a avut loc peste tot în univers. Oriunde v-ați afla, puteți spune „aici s-a întâmplat Big Bang-ul”, deoarece întregul univers este locul unde a început totul.

Motivul pentru care unele galaxii se îndreaptă spre noi este că sunt atât de aproape încât gravitația le atrage în direcția noastră mai repede decât expansiunea universului le îndepărtează. În aproximativ cinci miliarde de ani, Andromeda se va ciocni cu propria noastră galaxie, Calea Lactee, și după multe perturbări, cele două vor forma o supergalaxie. Dacă vă îngrijorează posibilele efecte asupra Pământului, nu vă faceți griji: a) nu veți mai fi aici și b) Pământul va fi deja prăjit de un Soare în expansiune și înroșit.

Deci, Big Bang-ul a avut loc peste tot în jurul nostru - și de aceea nu a fost nevoie de un radiotelescop pentru a detecta ecoul Big Bang-ului, sau radiația cosmică de fond în microunde, cum este denumită mai formal. Ea vine de pretutindeni. Dacă simțurile voastre ar fi capabile să detecteze microundele, ați vedea în mod constant strălucirea universului timpuriu umplând cerul - așa cum este, o putem detecta cu ajutorul detectoarelor potrivite.

Nu putem vedea până la Big Bang, deoarece la început totul era atât de compact şi energic încât lumina nu putea trece prin el. Era ca şi cum ai încerca să vezi prin Soare către cealaltă parte, dar şi mai mult decât atât. După aproximativ 300.000 de ani, însă, lucrurile s-au răcit suficient pentru ca universul să devină transparent şi razele *gamma* extrem de puternice, lumina la cea mai mare energie, au început să străbată universul.

În tot acest timp, universul a continuat să se extindă, oferind luminii (care venea de pretutindeni) din ce în ce mai mult spaţiu de traversat. Unul dintre efectele extinderii spaţiului este reducerea energiei luminii. Imaginaţi-vă că cineva aruncă o minge grea spre voi, apoi aruncă aceeaşi minge în timp ce fuge cu viteză maximă. A doua minge ar durea mai puţin, deoarece ar avea mai puţină energie, consumând o parte din ea pentru a traversa distanţa suplimentară. În mod similar, lumina din universul în expansiune are mai puţină energie decât avea când a fost emisă pentru prima dată. Şi dacă fotonii au mai puţină energie, se deplasează în jos pe spectru.

Lumina vizibilă se deplasează spre roşu (fenomen numit deplasare spre roşu), iar razele *gamma* s-au deplasat treptat în jos, trecând prin raze X, ultraviolete, lumină vizibilă, infraroşu, pentru a ajunge în final la microunde. Aceste microunde au produs imaginile efectelor secundare ale Big Bang-ului, capturate de sateliţii COBE şi WMAP, şi sunt responsabile pentru o parte din zgomotul de pe ecranul televizorului.

Probabilul Big Bang

Trebuie să fac o precizare aici. Teoria Big Bang-ului este cea mai bine susţinută teorie ştiinţifică actuală despre cum a început universul, dar nu este definitivă şi nu este singura teorie luată în considerare de oamenii de ştiinţă serioşi. Lucrăm cu dovezi foarte indirecte, şi nu doar pentru că nu putem vedea dincolo de acea marcă de 300.000 de ani. Toate dovezile pe care le avem susţin teoria Big Bang-ului, dar aceasta nu este lipsită de probleme.

De exemplu, teoria Big Bang spune că totul a început din nimic şi fără timp într-o singularitate, un punct în spaţiu-timp cu densitate infinită şi temperatură infinită. Când lucrurile devin infinite, ecuaţiile care prezic ce se întâmplă se destramă. Teoria pe care se bazează ideea Big Bang-ului pur şi simplu nu mai funcţionează în acel moment. Aşadar, nu putem fi absolut siguri că Big Bang-ul a fost începutul tuturor lucrurilor, deoarece matematica folosită pentru a face predicţii se destramă tocmai acolo unde contează cel mai mult.

Există şi alte teorii care ocolesc dificultăţile legate de singularitatea Big Bang-ului, dar şi acestea au probleme. Pentru moment, Big Bang-ul rămâne cea mai bună teorie a noastră şi, din acest motiv, tinde să fie menţionat ca şi cum ar fi un fapt. Dar acesta nu este un experiment pe care îl putem verifica în laborator sau chiar prin observarea directă a ceva în spaţiu; este o concluzie bazată pe diverse măsurători indirecte şi pe o mulţime de modele construite.

Jucându-ne cu modele

Modelele utilizate nu sunt modele fizice reale. Uneori, în ştiinţă se construiesc modele reale - este celebru faptul că atunci când Crick şi Watson au descoperit structura ADN-ului, prima lor acţiune a fost să construiască un model cu băţ şi minge al unei secţiuni de ADN - dar, de obicei, atunci când oamenii de ştiinţă spun că construiesc un model, se referă la un model matematic. Acesta este un set de reguli şi numere care ar trebui să dea aceleaşi rezultate ca ceea ce se observă în lumea reală. Atât timp cât predicţiile modelului şi realitatea sunt în concordanţă, atunci avem o posibilă explicaţie a ceea ce se întâmplă în univers. Dar atunci când predicţiile modelului şi realitatea sunt în derivă, este timpul pentru o nouă teorie.

Un bun exemplu în acest sens este descoperirea faptului că galaxiile se comportă neobişnuit. Tot ceea ce menţine stelele dintr-o galaxie împreună este gravitaţia, iar o forţă opusă încearcă să le despartă. La fel ca aproape orice altceva din univers, galaxiile se rotesc. Dacă te-ai uita în spaţiu şi ai observa galaxia Andromeda, tot ce ai putea vedea ar fi un model slab de lumină. Capacităţile corpului tău sunt uimitoare, dar uneori avem nevoie de ajutorul tehnologiei, iar cu ajutorul telescoapelor moderne putem vedea suficiente detalii pentru a descoperi că galaxiile se rotesc într-

adevăr. În timp ce se rotesc, stelele din ele încearcă să se lanseze în linie dreaptă. Singurul lucru care le oprește este forța gravitațională, care le atrage spre centrul galaxiei.

Există însă o problemă care arată că ceva nu este în regulă cu acest model. Dacă calculăm masa tuturor elementelor pe care ne așteptăm să le găsim într-o galaxie tipică și le adunăm, nu există suficientă masă pentru a menține galaxia unită la viteza cu care se rotește. Ar trebui să împrăștie stele ca o roată de vânt nebună. Trebuie să existe ceva mai mult care să o mențină unită decât atracția gravitațională a materiei pe care o cunoaștem.

Desigur, nu toată materia dintr-o galaxie este evidentă. Putem vedea stelele și norii strălucitori de praf, dar nu putem distinge planetele, găurile negre sau praful rece. Dar chiar și luând în considerare toate acestea, ar trebui să existe mai mult. Cel mai popular model care explică acest fenomen include „materia întunecată”. Nu știm exact ce ar putea fi aceasta (deși există câteva sugestii), dar este în esență o masă suplimentară care interacționează cu materia cunoscută doar prin gravitație. Pare impermeabilă la electromagnetism și, prin urmare, la lumină.

Totuși, acesta nu este singurul model posibil. O alternativă este că gravitația se comportă subtil diferit la scara galaxiilor. La urma urmei, știm că universul funcționează foarte diferit la nivel cuantic față de modul în care vedem comportamentul obiectelor de dimensiuni obișnuite. Poate că obiectele de dimensiunea galaxiilor au propriile reguli. Această teorie se numește MOND, pentru dinamica newtoniană modificată. Este nevoie doar de o schimbare foarte mică în efectul gravitației pentru a explica acea viteză de rotație suplimentară.

Universul scăpat de sub control

Un alt exemplu de model în acțiune care se ocupă de ceva ce nu putem înțelege pe deplin este „energia întunecată”. Aceasta este necesară pentru a explica ceva foarte ciudat legat de expansiunea universului. Ne-am aștepta ca un univers în expansiune să încetinească treptat. Acest lucru nu se datorează frecării, motivul pentru care lucrurile tind să încetinească în lumea familiară, ci gravitației. Toate părțile universului sunt atrase una către cealaltă de gravitație. Această forță gravitațională acționează ca o frână asupra expansiunii.

A fost mai mult decât surprinzător, atunci, când s-a descoperit că expansiunea universului pare să se accelereze! Se pare că universul nu doar devine mai mare, ci și viteza cu care devine mai mare crește. Dacă acesta este cazul (este posibil să existe o altă cauză pentru măsurătorile indirecte care au fost interpretate ca accelerare), atunci ceva trebuie să determine accelerarea. Este nevoie de multă energie pentru a accelera expansiunea universului, iar aceasta este ceea ce a primit denumirea de „energie întunecată”.

Aceste două componente întunecate reprezintă cea mai mare parte a universului, ceea ce este absolut uluitor, dacă ne gândim bine. Ținând cont că materia și energia sunt interschimbabile, putem spune că aproximativ 70% din univers trebuie să fie energie întunecată pentru a menține expansiunea accelerată la viteza actuală. Aproximativ 25% ar trebui să fie materie întunecată. Asta înseamnă că doar 5% este reprezentat de materia (inclusiv corpul tău) și lumina cu care suntem familiarizați. Un procent remarcabil de 95% din conținutul universului este necunoscut!

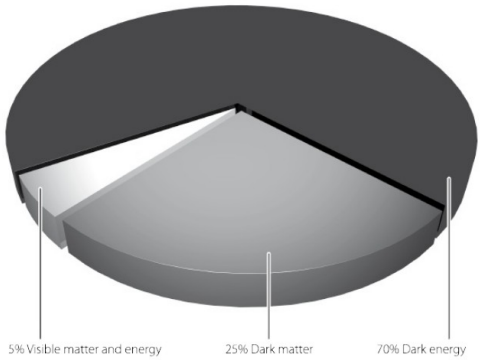


Diagrama circulară a procentelor care arată cât de mici sunt „lucrurile obișnuite” - probabil inutile

Acest lucru ar putea fi considerat destul de deprimant, în sensul că evidenţiază cât de puţin înţelege ştiinţa cu adevărat, dar mie mi se pare încântător. La urma urmei, nu suntem complet ignoranţi - ştim mult mai multe despre natura materiei, a luminii şi a universului decât ştiam în urmă cu doar 100 de ani. Şi totuşi, mai sunt încă atât de multe de aflat! Când Max Planck, omul care a conceput ideea de bază a teoriei cuantice, era la universitate la sfârşitul secolului al XIX-lea, a avut de ales între a fi om de ştiinţă sau muzician. Profesorul său de fizică l-a sfătuit să se îndrepte spre muzică, deoarece în ştiinţă se ştia deja cam totul. Cât de mult s-a înşelat acel profesor.

Un quasar prea departe

Rămânând la subiectul lucrurilor despre care nu suntem complet siguri, în timp ce galaxia Andromeda este cel mai îndepărtat obiect pe care ochii noştri îl pot detecta, cele mai îndepărtate obiecte pe care le putem detecta în detaliu folosind telescoape sunt *quasarii*. Când au fost descoperiţi pentru prima dată, se credea că *quasarii* (o prescurtare elegantă a termenului „obiecte quasi-stelare”) erau stele îndepărtate, dar spectrul de culori al luminii provenite de la ei nu părea corect. Este prea roşu.

După cum am văzut deja, când obiectele din spaţiu se îndreaptă spre noi, lumina lor capătă o energie mai mare – se produce o deplasare spre albastru. Iar când se îndepărtează, lumina lor cu energie mai mică se deplasează spre roşu. Lumina provenită de la *quasari* se deplasează mult spre roşu. Din cauza expansiunii universului în timp, cu cât un obiect este mai îndepărtat, cu atât deplasarea spre roşu este mai mare. Primul *quasar* studiat, în anii 1960, s-a dovedit a fi (la acea vreme) cel mai îndepărtat obiect observat vreodată. Cu toate acestea, luminozitatea sa era comparabilă cu cea a unei stele din propria noastră galaxie.

După mai multe studii cu instrumente mai performante, s-a descoperit că *quasarii* emit la fel de multă lumină ca o întreagă galaxie, dintr-o zonă care poate fi la fel de mică ca Sistemul nostru Solar. Multe au o pereche de „jeturi”: fluxuri foarte energice de material strălucitor care ţâşnesc din ambele părţi. Se pare că *quasarii* sunt galaxii tinere, încă în formare. Se crede că majoritatea galaxiilor au găuri negre supermasive în centrul lor. În cazul unei galaxii mature, cum ar fi Calea Lactee, gaura neagră va fi atras toate resturile din apropiere, dar într-o galaxie tânără va continua să atragă materialul din apropiere.

Se crede că tot acest material, accelerat până la viteza luminii în timp ce se prăbuşeşte spre gaura neagră, este cel care produce strălucirea dramatică a *quasarului*. În ceea ce priveşte jeturile, o posibilitate probabilă este că gaura neagră are o sferă de material care orbitează în jurul ei, rotindu-se odată cu gaura neagră şi împiedicată să se prăbuşească în ea de rotaţia sa. La poli nu va exista nicio rotaţie, lăsând goluri prin care materialul ar putea fi aruncat. Totuşi, această explicaţie se află la limita speculativă a cosmologiei, neexistând dovezi solide care să o confirme.

Mituri despre găurile negre

În timp ce *quasarii* rămân destul de obscuri, chiar dacă numele este probabil familiar, am putut menţiona găurile negre mai devreme fără a fi nevoie de o introducere. Găurile negre au devenit parte din limbaj, evocând imagini ale unei gropi fără fund care poate înghiţi orice şi care nu lasă nimic să scape. Găurile negre au devenit o parte esenţială a mitologiei cosmosului, fiind prezentate ca spirite întunecate şi devoratoare ale spaţiului.

Ca în cazul majorităţii miturilor, însă, nu puteţi crede tot ce aţi auzit despre găurile negre. În primul rând, este posibil ca acestea să nici nu existe. Teoria relativităţii generale a lui Einstein prezice că ele se pot forma şi avem dovezi indirecte foarte bune în acest sens, dar, în principiu, este posibil ca ele să nu fie reale. Dovezile ar putea fi produse de un alt fenomen.

Apoi, există ideea că ele sunt un fel de aspirator universal, care absoarbe tot şi orice îndrăzneşte să se apropie. Există un element de adevăr în această imagine, în sensul că toate stelele sunt bune la curăţarea spaţiului din apropiere, deoarece au o forţă gravitaţională puternică. Dar o gaură neagră, care se formează atunci când o stea se prăbuşeşte, neputând să se susţină împotriva

propriei gravitații masive, are doar aceeași forță gravitațională ca steaua care a format-o. (Nu vă faceți griji, apropo. Soarele nu poate deveni o gaură neagră; nu este suficient de mare.)

Dacă te-ai afla în orbita unei stele în momentul în care aceasta se prăbușește într-o gaură neagră, ai continua să orbitezi fericit în jurul ei fără a fi atras în interior. Dar o gaură neagră este mult mai mică decât o stea cu aceeași masă. Gaura neagră în sine are, teoretic, dimensiunea zero, o „singularitate punctuală” (deși, la fel ca în cazul Big Bang-ului, ceea ce înseamnă acest lucru este că teoria se destramă și nu știm ce se întâmplă). Dimensiunea aparentă a găurii negre este „orizontul evenimentului”, sfera din jurul ei fiind mult mai mică decât steaua originală, care este punctul fără întoarcere. Odată trecut orizontul evenimentului, atracția gravitațională este atât de puternică încât nimic, nici măcar lumina, nu poate ieși.

Construirea unei găuri negre

Raza unei stele tipice care formează o gaură neagră ar putea fi de aproximativ 1,5 milioane de kilometri, dar orizontul evenimentului pentru o astfel de stea, odată ce s-a prăbușit într-o singularitate, ar avea o rază de doar cincisprezece kilometri. Deoarece te poți apropia mult mai mult decât de o stea convențională, atracția gravitațională devine mult mai puternică - gravitația crește cu inversul pătratului distanței, astfel încât, dacă reduci la jumătate distanța față de o gaură neagră, atracția gravitațională se quadruplează. Obiectele atrase către gaura neagră vor atinge procente considerabile din viteza luminii pe măsură ce se apropie de orizontul evenimentului.

O gaură neagră conferă, de asemenea, un sens cu totul nou termenului „maree”. Mareele sunt pur și simplu forțe cauzate de atracțiile gravitaționale diferite în diferite puncte ale spațiului. Pe măsură ce te apropii de o gaură neagră, vei experimenta o forță mareică dramatică. Corpul tău va deveni experimentul gravitațional suprem.

Imaginați-vă că sunteți într-un costum spațial, îndreptându-vă cu picioarele înainte către gaura neagră. Picioarele dvs. ar simți o atracție mult mai puternică decât capul. Diferența de atracție pe lungimea corpului dvs. - forța mareică - v-ar întinde atât de mult încât ați ajunge să arătați ca o bucată lungă și subțire de spaghete roz. Acest proces este cunoscut sub numele de spaghetificare (în ciuda zvonurilor, oamenii de știință au uneori simțul umorului).

Totuși, această întindere mortală nu s-ar produce neapărat înainte de a ajunge la orizontul evenimentului. Ai putea fi încă în viață în acel moment – cât de repede începe spaghetificarea depinde de mărimea găurii negre. O gaură neagră foarte mare, precum cele despre care se crede că se află în centrul galaxiilor, ar avea o creștere foarte ușoară a gravitației. Ai trece de orizontul evenimentului fără să-ți dai seama. Dar tot ai fi întins ca un fir în timp ce te îndrepți spre centrul găurii, asta dacă ai supraviețui bombardamentului de radiații produs de resturile care se deplasează rapid în drumul lor spre centru.

Am spus că centrul unei găuri negre, numit *singularitate*, este în teorie un punct. Dar asta ascunde un ultim lucru cu adevărat ciudat despre găurile negre. Singularitatea, din punct de vedere tehnic, nu este un punct în spațiu, ci un punct în timp. Relativitatea generală, teoria care prezice existența găurilor negre, spune că gravitația este o deformare a spațiului și timpului. În centrul unei găuri negre, timpul însuși este cu adevărat distorsionat. Odată ce treci de orizontul evenimentului, te îndrepți către un punct în timp, nu către un punct în spațiu. Momentul distrugerii tale totale este fixat în acel moment.

Găurile negre și quasarii se numără printre cei mai exotici locuitori ai universului, dar există și aspecte mai familiare, multe dintre ele pompând fotoni în direcția ta atunci când privești cerul nocturn și declanșând o reacție din partea detectoarelor din ochii tăi. Am întâlnit deja galaxii, colecții vaste de stele care pot conține de la câteva miliarde la 100 de trilioane de stele, și credem că există aproximativ 150 de miliarde de galaxii în univers. Este un loc mare.

Propria noastră galaxie, Calea Lactee, care găzduiește aproximativ 300 de miliarde de stele, poate fi văzută într-o noapte foarte întunecată ca o bandă slabă în întunericul spațiului, dar locuitorii cu adevărat evidenți ai cerului nocturn sunt stelele relativ locale și, dintre toate, cel mai apropiat, propriul nostru Sistem Solar. Cu ochiul liber se pot vedea cinci planete - Mercur, Venus, Marte, Jupiter și Saturn, Venus și Jupiter fiind cele mai strălucitoare obiecte de pe cerul nopții după Lună.

Dar toți fotonii care ajung la noi de la planete au parcurs o dublă călătorie. Ei ajung pe Pământ numai după ce au plecat mai întâi de la principala sursă de lumină a Sistemului nostru Solar, Soarele.

Soarele care nu este etern

Când privești Soarele (nu literalmente - îți va afecta ochii, chiar și atunci când este parțial acoperit), poți vedea cu adevărat cât de uimitoare sunt acele miliarde și miliarde de stele din univers. Soarele este o stea destul de frumoasă, dar nu este nimic special. Are o dimensiune și o putere destul de medii. De asemenea, este de vârstă mijlocie - având aproximativ 4,5 miliarde de ani, se află la jumătatea duratei sale de viață.

Lumina Soarelui este, în toate sensurile, albă. Lumina albă nu este de fapt o culoare, ci pur și simplu ansamblul culorilor vizibile. Cu toate acestea, când cineva desenează Soarele, de obicei îl face galben. Iar când îl vezi la apus, suficient de estompat încât ochii tăi să nu-l evite în mod natural, steaua noastră vecină pare roșie. S-ar putea părea că suntem puțin confuzi, dar acest lucru se datorează fotonilor de lumină, care interacționează din nou intens cu materia.

În acest caz, materia este aerul. Mulți dintre fotonii care pătrund în atmosferă de la Soare trec direct prin ea, dar un număr considerabil vor fi absorbiți de moleculele de gaz din aer, apoi reemiși. Când sunt reemiși într-o nouă direcție, acest fenomen se numește *împrăștiere*. Acest proces este selectiv; cu cât lumina este mai albastră, cu atât este mai dispersată. De aceea cerul este albastru în timpul zilei - deoarece lumina albastră este dispersată mai mult de la poziția Soarelui decât culorile din partea roșie a spectrului.

Dacă lumina soarelui ar conține cantități egale din toate culorile, cerul ar fi violet, cea mai dispersată dintre toate culorile pe care le putem vedea, dar există considerabil mai mult albastru decât violet, astfel încât acesta domină. Odată ce o parte din fotonii albaștri sunt eliminați din lumina inițial albă, ceea ce rămâne are o nuanță gălbuie, aceasta fiind percepția noastră obișnuită asupra Soarelui. Iar când lumina soarelui trebuie să traverseze o atmosferă semnificativ mai densă, așa cum se întâmplă la apusul soarelui, când razele traversează tangențial planeta, culoarea dominantă care rămâne direct de la Soare este roșul, astfel încât vedem acel apus roșu spectaculos.

Soarele poate fi un fel de stea obișnuită, dar este orice altceva decât obișnuit ca locuitor al Sistemului Solar. Are o diametru de 1,4 milioane de kilometri, de peste 100 de ori mai mare decât Pământul, și o masă de trei sute de mii de ori mai mare. Peste 99% din masa totală a Sistemului Solar se află în Soare. Și, după cum știe toată lumea, este fierbinte. Suprafața are o temperatură relativ scăzută, de 5.500 °C, dar în centrul său temperatura se apropie de 10.000.000 °C.

Sursa de energie a vieții

Dacă vrem să folosim corpul tău pentru a explora știința, este important să realizăm că acesta nu ar exista și nu ar putea funcționa fără lumina provenită de la Soare. În primul rând, fără ea nu ai putea vedea, dar îi datorezi mult mai mult luminii Soarelui decât atât. În primul rând, de acolo provine cea mai mare parte a căldurii Pământului. O mică parte din căldura Pământului provine din miezul planetei, dar majoritatea ajunge la noi sub formă de lumină solară. Fără această sursă constantă de energie, Pământul ar fi mult prea rece pentru a putea fi locuit.

Mai mult, nu ați putea respira sau mânca fără Soare. Oxigenul pe care îl respirați provine de la plante, care îl produc ca produs secundar al fotosintezei. Energia luminii este utilizată în fotosinteză pentru a produce substanțele chimice (în principal carbohidrați) care alimentează viața. Fotosinteza este mult mai complicată decât efectul fotoelectric utilizat în panourile solare, unde lumina expulzează electroni dintr-un material special pentru a produce electricitate. Procesele chimice din fotosinteză sunt complexe și adesea uimitor de rapide - unele dintre reacții sunt cele mai rapide măsurate vreodată, având loc în mai puțin de 1/1.000.000.000.000 de secundă.

Lumina este absorbită în plante prin creșterea energiei electronilor în pigmenți speciali, cum ar fi clorofila, care face plantele verzi. Acest lucru este similar cu efectul fotoelectric, dar este mai mult decât atât. Energia din lumină este apoi transferată sub formă chimică către un reactor din

plantă, centrul de reacție fotosintetică, unde are loc o reacție fundamentală care produce oxigenul ca produs secundar. Acest oxigen este cel pe care îl respirați. Diferite plante au niveluri diferite de producție de oxigen și, în ciuda a tot ceea ce auzim despre pădurile tropicale ca fiind plămânii planetei, de fapt planctonul din mări este cel care contribuie cel mai mult la atmosferă.

Animalele ca noi nu au capacitatea plantelor de a transforma energia luminii în hrană. Trebuie să folosim un intermediar - fie mâncând o plantă, fie un alt animal (care la rândul său va fi mâncat o plantă sau un alt animal etc.). Indirect, însă, sursa de energie a aproape tuturor formelor de viață este Soarele.

Nu numai căldura, oxigenul și hrana noastră, ci și majoritatea energiei utilizabile provine indirect de la Soare. Combustibilii fosili s-au format deoarece Soarele a alimentat plantele care au format în cele din urmă aceste zăcăminte. Energia solară provine în mod evident de la Soare, dar la fel și energia eoliană, deoarece sistemele meteorologice sunt alimentate de lumina soarelui. Singurele excepții sunt energia geotermală și energia nucleară.

Este cineva acolo?

Avem nevoie de această energie pentru a exista, la fel ca toate ființele vii, și cu siguranță există mult mai multă energie în univers care ar putea susține viața. Când privești stelele într-o noapte întunecată, vezi multe locuri posibile pentru alte forme de viață. Soarele nostru este doar una dintre miliardele de stele din galaxia noastră, iar galaxiile sunt cu miliarde mai multe. Există șanse ca în univers să existe viață, dar nu mi-aș ține respirația până când aceasta va fi descoperită.

Sistemul solar nu este un habitat foarte încurajator. În primele zile ale *science fiction*-ului, se imagina adesea că există viață pe Lună, Venus sau Marte. Niciuna dintre acestea nu este probabil să susțină viața. Venus este un iad supraîncălzit, unde plumbul curge lichid și norii de acid sulfuric umplu cerul. Luna și Marte au apă și atmosferă limitate și sunt foarte reci. Deși este posibil ca un fel de viață asemănătoare bacteriilor să existe într-un loc bine protejat din una dintre aceste locații, este puțin probabil. Iar celelalte planete sunt și mai puțin susceptibile de a susține viața.

Cea mai bună șansă pentru viață în sistemul solar în afara Pământului este una dintre lunile lui Jupiter, Europa. La prima vedere, aceasta nu este o locație grozavă, fiind mult prea departe de Soare pentru a avea căldura necesară pentru a susține viața. Temperatura la suprafața Europei este de aproximativ -160 °C. Dar Europa are un secret sub suprafața sa; sub crusta sa înghețată este probabil să existe apă lichidă, încălzită de o combinație între forțele mareice uriașe exercitate asupra lunii de Jupiter și interiorul său radioactiv.

Dacă Europa are într-adevăr acest ocean cu temperaturi peste punctul de îngheț, este posibil, deși deloc sigur, ca o formă de viață primitivă să fi evoluat acolo. Cu toate acestea, apa și temperaturile adecvate nu sunt singurii factori. Toate formele de viață pe care le cunoaștem depind de carbon și, deși unii oameni au speculat că ar fi posibil să se creeze forme de viață din siliciu, acest element nu este la fel de flexibil ca carbonul în ceea ce privește modul în care se unește pentru a forma molecule mari - o calitate esențială pentru producerea vieții. Așadar, ar trebui să existe și o cantitate mare de carbon și alți atomi în jur - dar există posibilitatea ca Europa să poată susține viața.

Testul de inteligență

Toate acestea nu înseamnă că nu ar putea exista o mulțime de forme de viață inteligente în univers, dar este mult mai probabil ca acestea să existe pe o planetă care orbitează în jurul unei stele îndepărtate. În ciuda distanțelor implicate, am descoperit până acum sute de planete în afara Sistemului Solar. Primele au fost descoperite datorită oscilației pe care o produce steaua atunci când o planetă orbitează în jurul ei. Această tehnică tinde să detecteze planete mari, precum Jupiter, deoarece acestea produc cea mai evidentă oscilație. Alte metode au detectat planete mai asemănătoare cu Pământul, mai mici și probabil stâncoase, care nu sunt formate din gaz. Dar nu există încă dovezi ale existenței vieții și cu siguranță nu ale vieții inteligente.

În ciuda eforturilor depuse în căutarea semnalelor extraterestre, nu s-a descoperit nimic. Pământul emite semnale radio de aproximativ 100 de ani, astfel încât în jurul nostru există o „ceață” de semnale radio cu o adâncime de 100 de ani-lumină. În principiu, oricine dispune de tehnologia adecvată în această rază ne-ar putea detecta. Desigur, formele de viață aflate la această distanță ar putea să nu fie inteligente și, chiar dacă ar fi, ar putea să nu utilizeze radioul, dar este puțin dezamăgitor că nu a apărut încă nimic în acest sens.

Chiar dacă am descoperi o altă formă de viață inteligentă la o distanță interstelară foarte mică, de exemplu la douăzeci de ani-lumină (cea mai apropiată stea în afară de Soare se află la patru ani-lumină distanță, iar douăzeci de ani-lumină este încă foarte aproape de galaxia noastră), nu am putea avansa prea mult cu o conversație. Dacă am folosi radioul pentru a comunica – care, ca formă de lumină, este cel mai rapid mijloc de comunicare – ar trebui să așteptăm 40 de ani pentru a primi un răspuns de fiecare dată când am pune o întrebare (asta după ce am rezolva problema comunicării)!

În ceea ce privește vizitarea civilizațiilor extraterestre, este practic imposibil. Ne confruntăm cu dificultăți tehnologice serioase în a trimite un om pe Marte, care se află la doar patru minute-lumină distanță într-o zi bună. Se estimează că o misiune cu echipaj uman ar dura șase luni pentru a ajunge pe Marte. Cea mai apropiată stea, în afară de Soare, este de peste jumătate de milion de ori mai departe. Fără o tehnologie care să ne permită să ocolim restricțiile vitezei luminii, cum ar fi motorul *warp* din *Star Trek* – ceea ce nu este imposibil din punct de vedere tehnic, dar depășește cu mult capacitățile noastre tehnice previzibile – nu vom putea vizita stelele.

Suntem izolați, dacă nu chiar singuri

Același lucru este valabil și pentru vizitatorii extratereștri. Au existat numeroase OZN-uri autentice – în sensul de obiecte zburătoare neidentificate –, deși multe s-au dovedit a fi iluzii optice sau aeronave care pur și simplu nu au fost identificate. Dar orice navă spațială extraterestră se confruntă cu exact aceleași probleme legate de distanțele implicate ca și noi, și este probabil ca toate întâlnirile cu extratereștrii să fi fost înșelăciuni, autoamăgiri sau erori.

Chiar și termenul „farfurie zburătoare” este controversat. A fost folosit pentru prima dată într-un articol de ziar din 1947 pentru a descrie observarea unor nave neobișnuite de către pilotul american Kenneth Arnold. La momentul respectiv, Arnold nu a spus că navele pe care le-a văzut aveau forma unor farfurii. În schimb, el a comentat că se mișcau haotic, „ca o farfurie dacă o arunci peste un iaz”. Cuvântul a fost preluat de redactorii titlurilor din ziare și apoi interpretat greșit ca fiind forma navei pe care a văzut-o. La scurt timp, observarea navelor în formă de farfurie a devenit ceva obișnuit.

Poate că nu suntem singuri, dar cu siguranță suntem destul de izolați aici, pe Pământ.

Și totuși, am urmărit fotonii din colțurile îndepărtate ale universului, de la quasari și galaxii îndepărtate, și de la sursa noastră de viață, Soarele, până la planeta noastră natală, unde unii dintre ei sunt detectați de ochii voștri. Este timpul să ne întoarcem pe Pământ, în sensul propriu al cuvântului. Poate că, după ce ați privit stelele, vă chiorăie stomacul – ochii voștri pot fi îndreptați spre stele, dar stomacul vostru are o preocupare mult mai pământească.

5. Marșul stomacului

Când stomacul începe să scoată zgomote, poate fi pur şi simplu ora mesei, dar poate fi şi un semn că urmează o indigestie. Nu este cea mai îngrijorătoare problemă cu care se poate confrunta organismul, dar totuşi este o sursă de disconfort. Aşadar, probabil că veţi apela la un comprimat pentru indigestie, care nu este de fapt un medicament, ci doar un simplu component al unei reacţii chimice.

Fizica examinează ce sunt atomii, dar chimia ne ajută să înţelegem cum se combină aceştia. Se spune uneori că chimia se referă în totalitate la electroni, deoarece reacţiile chimice implică de obicei interacţiunea dintre diferite elemente atunci când acestea împărtăşesc sau schimbă electroni din stratul exterior al atomilor lor.

Chimia ta interioară

Stomacul tău conţine un acid puternic - acidul clorhidric. Este unul dintre acei acizi cu care se lucrează cu mare atenţie în laboratoarele de chimie din şcoli, deoarece este suficient de puternic încât să provoace leziuni grave. Dar tocmai asta este necesar în stomac. Rolul acestui acid este de a descompune tot ceea ce mănânci, astfel încât să poată fi utilizat pentru a genera energie, precum şi pentru a facilita eliminarea deşeurilor.

Nivelul de aciditate din stomac variază şi, uneori, acest lucru poate provoca disconfort. La fel şi acţiunea acidului gastric asupra diverselor părţi ale organelor interne pe care nu ar trebui să le atingă, de exemplu în cazul „refluxului”, când acidul se revarsă din stomac în esofag. Aceste probleme sunt cele mai frecvente ca urmare a obiceiurilor alimentare nesănătoase (cum ar fi supraalimentarea sau consumul de alimente prea târziu seara), deşi unele persoane suferă de ele ca urmare a unor probleme fizice, cum ar fi hernia hiatală.

Remediul instantaneu? Luaţi o tabletă antiacidă. Rezultatul este o reacţie chimică simplă.

Deşi există diferite tipuri de antiacide pe piaţă, multe conţin un carbonat, cum ar fi carbonatul de calciu sau carbonatul de magneziu. Partea carbonatată este un atom de carbon cu trei atomi de oxigen ataşaţi.

Luați o bucată de rocă

Carbonatul de calciu este un mineral foarte comun. El conferă cojilor de ouă soliditatea lor și este principalul constituent al calcarului, marmurei și cretei. Da, de fapt, când luați o tabletă pentru indigestie, mâncați o rocă pulverizată, deși nu aș recomanda acest lucru ca substitut ieftin.

Carbonații reacționează foarte bine cu acizii. Din păcate, acest lucru este evident în zonele afectate de ploile acide. Clădirile construite din marmură și, în special, din calcar mai moale, suferă atunci când ploaia este acidă, erodându-se în mod vizibil. Sculpturile își pierd contururile, iar inscripțiile pot dispărea complet, lăsând cimitire întregi cu pietre funerare goale și mute.

Dar ceea ce este rău pentru pietre este excelent pentru stomac.

Când o substanţă chimică precum carbonatul de calciu întâlneşte acidul clorhidric, are loc o reacţie chimică. O reacţie chimică simplă implică schimbarea de locuri a diferitelor părţi ale a două compuşi (molecule care conţin mai mult de un element). Acest lucru se întâmplă din cauza energiei. Există energie în modul în care diferitele legături electronice unesc atomii din molecule, dar nu toate legăturile sunt la fel. Dacă se eliberează energie atunci când treci de la o configuraţie la alta, de obicei este uşor să aibă loc această schimbare. Este un pic ca şi cum ceva ar cădea de la înălţime. Este uşor să aduci o piatră de la vârful unei stânci până la bază, deoarece energia potenţială se pierde pe măsură ce cade. Este mult mai greu să aduci o piatră de la baza unei stânci până la vârf, deoarece trebuie să investeşti energie.

În cazul carbonatului de calciu şi al acidului clorhidric, rezultatul este o interacţiune viguroasă care duce la producerea a trei molecule. Acidul clorhidric are un atom de hidrogen şi unul de clor legaţi între ei. În cadrul reacţiei, clorul se asociază cu calciul pentru a forma clorură de calciu, în timp ce perechile de atomi de hidrogen preiau un atom de oxigen din carbonat pentru a

produce apă, iar resturile de carbonat devin dioxid de carbon gazos. Ca urmare, nivelul acidului scade și, să sperăm, stomacul dumneavoastră devine mai puțin incomod.

Experiment - Bazele stomacului

Aruncați o tabletă antiacidă (una simplă, mai degrabă decât una cu „acțiune dublă") într-un pahar și turnați puțin oțet. Ar trebui să vedeți un flux de bule ieșind din pastilă. Aceasta este aceeași reacție care are loc în stomac atunci când luați o astfel de tabletă - o reacție care eliberează dioxid de carbon. Oțetul este un acid mult mai slab decât cel clorhidric, astfel încât efectul va fi mai puțin dramatic. Dacă nu se întâmplă nimic, poate fi din cauză că tableta este acoperită cu un strat protector.

Repetați experimentul cu o pastilă ruptă în bucăți. Ar trebui să observați o acțiune mai viguroasă. Acest lucru se datorează în parte faptului că treceți prin orice strat exterior, dar și faptului că ați crescut suprafața carbonatului expusă acidului.

Compusul malefic al vieții

Dioxidul de carbon este un compus chimic simplu care are o reputație proastă în zilele noastre. Dacă ar apărea într-un film Bond, ar fi personajul negativ rău intenționat să domine lumea. Această notorietate se datorează rolului său în încălzirea globală ca gaz cu efect de seră. Și este cu siguranță adevărat că prea mult dioxid de carbon în atmosferă nu este grozav. Dar este important să nu punem acest gaz într-o lumină prea proastă, deoarece există câteva motive pentru care nu ați fi în viață fără el.

Primul beneficiu pe care ți-l oferă dioxidul de carbon este partea dorită a efectului de seră. În atmosferă, acesta acționează ca un fel de oglindă cu sens unic pentru căldură. Cea mai mare parte a luminii solare intră direct prin atmosferă. Aceasta încălzește suprafața Pământului, care apoi emite lumină infraroșie cu energie inferioară. O parte din aceasta este absorbită pentru scurt timp de moleculele de dioxid de carbon. Acestea reemit apoi infraroșu, trimițând o parte în spațiu, dar o parte înapoi pe Pământ. Astfel, dioxidul de carbon acționează ca un fel de pătură, izolând planeta și menținând-o la o temperatură locuibilă pentru noi.

Dacă doriți să vedeți ce efecte negative poate avea dioxidul de carbon, faceți o excursie pe Venus. Se credea odată că această planetă este foarte similară cu Pământul, dar cu o atmosferă compusă din 97% dioxid de carbon, ea suferă de un efect de seră incontrolabil. Temperatura medie este de 480 °C, iar temperatura maximă poate ajunge la 600 °C. În atmosfera noastră, dioxidul de carbon reprezintă doar aproximativ 0,039% din volum, dar efectul de seră în ansamblu (la care contribuie și alte gaze, precum vaporii de apă și metanul) face ca temperatura medie a Pământului să fie cu aproximativ 33 de grade mai ridicată decât ar fi în mod normal. Fără efectul de seră, Pământul ar avea o temperatură medie de -18 °C, ceea ce ar limita sever viața.

Celălalt rol esențial al dioxidului de carbon este hrănirea plantelor. După cum am văzut mai devreme, ciclul vieții pe Pământ se bazează pe plante. Chiar și carnivorele au nevoie de ele, deoarece mănâncă animale care trebuie să mănânce și ele ceva - inevitabil, undeva în lanțul trofic se ajunge la plante. Plantele absorb dioxidul de carbon din aer, folosind carbonul pentru a crește prin fotosinteză și producând oxigenul de care avem nevoie pentru a respira ca produs rezidual.

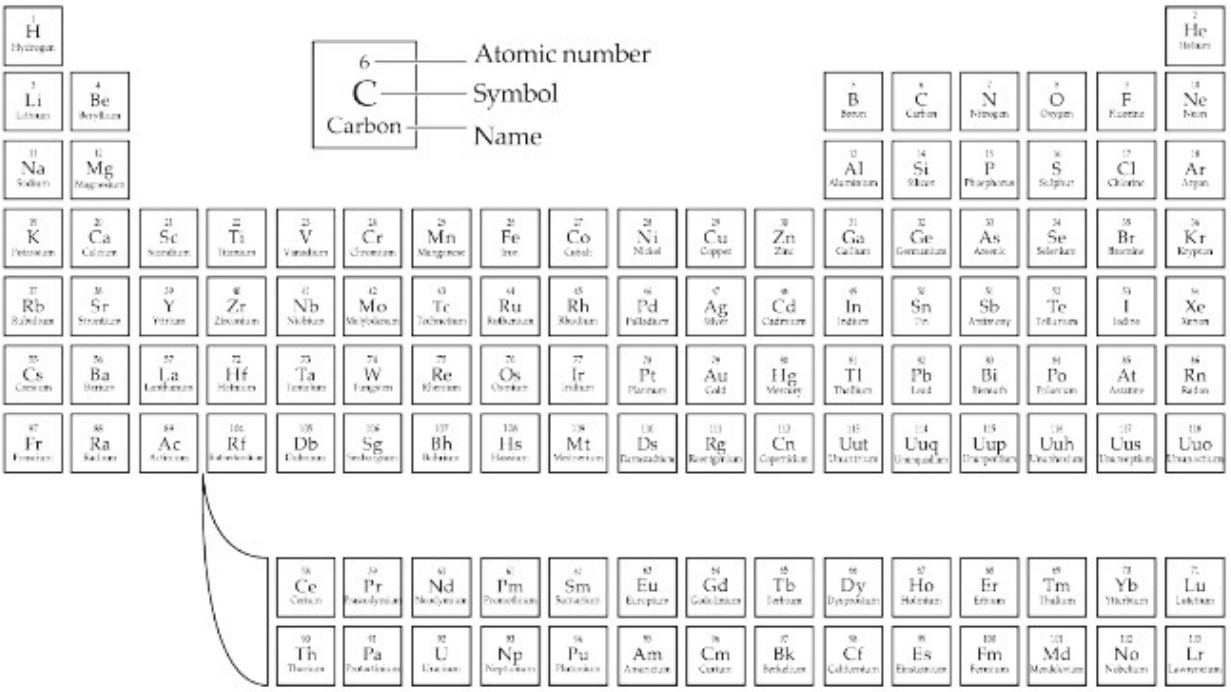
Adăugând puțină efervescență

Și apoi există partea distractivă a dioxidului de carbon, descoperită surprinzător de devreme. Medicul scoțian Joseph Black a fost primul care a izolat dioxidul de carbon în 1756. Doar unsprezece ani mai târziu, Joseph Priestley, care a descoperit mai târziu oxigenul, a început să studieze dioxidul de carbon produs în fabrica de bere Jacques din Leeds. Unul dintre testele pe care Priestley le-a făcut asupra gazului a fost să-l treacă prin apă, unde a descoperit că o parte se dizolva, făcând apa obișnuită să aibă gustul apei minerale carbogazoase din Alpi.

Priestley a uitat aproape complet acest lucru până în 1772, când a luat masa la reşedinţa Ducelui de Northumberland din Londra. Ca parte a divertismentului, oaspeţilor li s-a oferit apă de mare distilată, care s-a dovedit a fi foarte insipidă. Priestley a anunţat că ştie o metodă de a o îmbunătăţi şi s-a întors a doua zi pentru a o transforma în apă carbogazoasă. Până atunci, Priestley producea dioxid de carbon cu acid sulfuric şi cretă, un proces similar cu cel al dizolvării comprimatelor antiacide în stomac. Fusese interzis în fabrica de bere după ce a distrus un lot de bere când a încercat să dizolve dioxidul de carbon în eter. Din păcate, Priestley nu a apucat să producă apă gazoasă la scară comercială, aşa că, câţiva ani mai târziu, elveţianul Johann Schweppe a avut câştig de cauză.

Aşezat la masa lui Dmitri

La şcoală, chimia părea probabil dominată de structura intimidantă şi dezordonată a tabelului periodic. Cu toate acestea, acel tabel ciudat face posibilă prezicerea modului în care acidul din stomac va interacţiona cu o tabletă antiacidă. Deşi poate fi descurajantă, tabelul periodic a reprezentat o descoperire uriaşă pentru ştiinţă când Dmitri Mendeleev l-a inventat. Omul de ştiinţă rus nu a fost primul şi nici singurul care a căutat un fel de ordine în diversele elemente care alcătuiesc lumea din jurul nostru. Dar a fost cu siguranţă cel mai dedicat acestei sarcini, jucându-se la nesfârşit cu un pachet de cărţi, câte un element pe fiecare carte, căutând modalităţi de a le aranja într-un mod logic.



Tabelul periodic

Principiile tabelului periodic sunt simple. Acesta are o serie de rânduri, fiecare cu elemente mai masive decât cel precedent, fiecare devenind mai greu de la stânga la dreapta de-a lungul rândului. Aceste rânduri sunt aranjate în coloane, unde elementele dintr-o anumită coloană vor avea comportamente în comun. Mendeleev nu şi-a dat seama, dar ceea ce făcea el era să aranjeze elementele în coloane cu acelaşi număr de electroni (sau spaţii goale) în exteriorul structurii atomului. Deoarece aceşti electroni sunt cei care determină legăturile pe care atomul le va forma cu alte elemente, ei specifică comportamentul său chimic.

Această idee şi-a dovedit puterea atunci când Mendeleev a prezis existenţa unor noi elemente pe care nimeni nu le observase. Existau goluri în tabel, iar Mendeleev a considerat că acestea ar trebui să fie ocupate de atomi care se comportă ca elementele cunoscute imediat deasupra

lor. Astfel, de exemplu, exista un gol sub siliciu, pe care Mendeleev l-a denumit „eka-siliciu”. („Eka” provine din sanscrită pentru numărul „unu”.)

În cele din urmă, a fost descoperit un element care se potrivea în acel spațiu, cunoscut ulterior sub numele de *germaniu*. Elementul are multe asemănări cu siliciul (ambele vor fi utilizate ulterior la producerea tranzistorilor și a altor dispozitive electronice) și s-a comportat exact așa cum a prezis Mendeleev.

Faceți cunoștință cu elementul 114

Această utilizare a tabelului pentru a prezice cum va fi un nou element a continuat până în zilele noastre, deși nu toate substanțele chimice sunt la fel de previzibile ca germaniul. Să luăm exemplul elementului 114. La momentul redactării acestui articol, acest element nu are un nume real. Este pur și simplu poreclit *ununquadium* (literal „unu-unu-patru-ium” în latină). În prezent, cel mai greu element cu un nume este 112, *copernicium*.

Acesta este un element cu care stomacul tău nu va avea niciodată de-a face. Aceste elemente ultra-grele nu există în natură. Cel mai greu element existent este uraniul, elementul 92. Tot ceea ce depășește acest nivel este produs în reactoare nucleare și acceleratoare de particule. Aceste condiții sunt necesare pentru crearea acestor elemente deoarece forța care ține nucleul unui atom unit, „forța puternică”, trebuie să lucreze din greu pentru a depăși repulsia dintre toți protonii încărcați pozitiv din nucleu.

Forța puternică are un defect semnificativ: funcționează doar pe o distanță foarte, foarte mică. Așadar, atunci când atomii ajung la dimensiunea uraniului, cu cei 92 de protoni ai săi (numărul elementului indică numărul de protoni din nucleu și numărul de electroni din jurul acestuia), se află chiar la limita capacității forței puternice de a menține lucrurile împreună. Orice atom mai mare tinde să fie foarte instabil.

Majoritatea elementelor cu adevărat masive durează doar câteva miimi sau milionimi de secundă înainte de a se diviza, dar *ununquadiul* ocupă ceea ce se numește „insula stabilității”; o regiune a tabelului în care atomii sunt mai capabili să se agațe de existență, deoarece numărul de particule din nucleu le permite să ajungă într-o formă deosebit de stabilă. Izotopul elementului 114 cu masa atomică 289 rămâne în jur de câteva secunde.

Izotopii, așa cum am văzut mai devreme în carte, sunt variante ale elementelor care au un număr diferit de neutroni în nucleu. Cel mai simplu atom dintre toate, hidrogenul, are un nucleu format dintr-un singur proton. Adăugați un neutron și acesta se comportă în continuare ca hidrogenul din punct de vedere chimic, deoarece are în continuare un singur electron, iar electronii externi sunt cei care determină comportamentul unui element în chimie. Cu toate acestea, cu acel neutron în plus, acesta este acum mai greu și se comportă diferit în reacțiile nucleare. Am trecut de la hidrogen la izotopul deuteriu.

Deoarece practic toată masa unui atom se află în nucleu, masa atomică este doar numărul de protoni plus numărul de neutroni. Deci, când vorbim despre izotopul *ununquadium* cu masa atomică 289, acesta are 289 - 114 = 175 neutroni în nucleu.

Elementul 114 a fost produs pentru prima dată în 1998 la Institutul Comun pentru Cercetări Nucleare de la Dubna, în Rusia. Doar un atom din acest izotop a fost produs în primul experiment și, deși de atunci au fost produse o serie de izotopi, acesta a fost produs doar cu câțiva atomi la un moment dat. Având în vedere cantitatea redusă de *ununquadiu* și faptul că acesta există doar pentru câteva secunde, habar nu avem cum arată - se aștepta să fie un metal gri-argintiu, la fel ca majoritatea elementelor din aceeași regiune a tabelului periodic.

Metal greu sau gaz nobil?

Tabelul periodic prezice că *ununquadiul* ar trebui să se comporte un pic ca plumbul. În termenii lui Mendeleev, acesta este eka-plumb, elementul aflat sub acest metal în tabelul periodic. Surprinzător, totuși, în ciuda faptului că elementul 114 a fost produs doar cu câțiva atomi la un moment dat, se crede că se comportă mai degrabă ca un gaz nobil decât ca un metal.

Gazele nobile sunt coloana cea mai puțin prietenoasă din tabelul periodic. Setul lor exterior de electroni este complet, ceea ce înseamnă că nu manifestă un interes deosebit în a reacționa cu alte elemente. Acestea sunt gaze precum heliul, neonul și xenonul. În afară de utilizările lor în iluminatul specializat, cel mai cunoscut dintre aceste gaze, heliul, este ceva ciudat. A fost descoperit pentru prima dată în Soare, înainte de a fi găsit pe Pământ. Este un element greu de găsit în aer, deoarece se ridică în atmosfera superioară înainte de a fi observat. Este remarcabil, așadar, că putem cumpăra o butelie cu el doar pentru a umfla baloane și a obține voci pițigăiate. (Cea mai mare parte a heliului este extrasă din zăcămintele de gaze naturale.)

Cu atât de puțin de studiat, cum este posibil să spunem că *ununquadium* se comportă mai mult ca un gaz nobil decât ca un metal?

Atomii elementului sunt trecuți printr-un tub subțire cu un strat interior de aur. Acest tub este menținut la o temperatură care variază constant pe toată lungimea sa, de la temperatura camerei la un capăt la -185 °C la celălalt capăt. Pe măsură ce atomii trec prin tub, temperatura în scădere înseamnă că au din ce în ce mai puțină energie - nu mai sar atât de mult.

Se așteaptă ca metalele precum plumbul să se lege relativ ușor de aur și să nu ajungă prea departe în tub. Dar gazele nobile antisociate ar ajunge mult mai departe, înainte ca o atracție slabă să le facă în cele din urmă să rămână pe loc. Atomii elementului 114 ajung la capătul tubului, ceea ce sugerează că sunt mai nobile decât plumbul.

Nu este vorba de un eșec al tabelului periodic, așa cum pare. Este probabil ca relativitatea să stea în calea chimiei. Deoarece există un număr mare de electroni care zboară în jurul atomului, aceștia trebuie să se miște mai repede decât de obicei. Iar relativitatea specială ne spune că, cu cât ceva se mișcă mai repede, cu atât are mai multă masă. Se așteaptă ca acești electroni care se mișcă rapid să aibă suficientă masă suplimentară pentru a-și schimba modul de mișcare, modificând proprietățile chimice.

Transformarea alimentelor în energie

Oricare ar fi *ununquadiumul*, este foarte puțin probabil ca stomacul tău să întâlnească vreunul, dar cu siguranță va procesa o mulțime de alți atomi în timpul vieții tale. Din punct de vedere tehnic, stomacul este doar preprocesorul sistemului gastric, deși tindem să folosim acest termen pentru a descrie întregul proces de transformare a alimentelor în energie. În stomac, alimentele sunt atacate de acidul clorhidric pe care l-am întâlnit deja și de enzime - substanțe chimice complexe specializate în descompunerea proteinelor din alimente - până când obții o masă semi-digerată care trece în intestine.

Scopul acestui atac asupra alimentelor pe care le-ai consumat este de a obține acces la substanțe chimice relativ simple, precum zaharurile și grăsimile, care sunt compuse din carbon, hidrogen și oxigen. Oxigenul suplimentar este adus în sistem, transportat din plămâni în sânge. Acest oxigen reacționează cu zaharurile și grăsimile, oxidându-le. Cu toții am experimentat reacții de oxidare înainte, când ceva arde - și asta produce căldură. De fapt, reacția din corpul tău este o ardere chimică lentă, care adaugă oxigen pentru a produce dioxid de carbon, apă și energie. Această energie este apoi stocată de mitocondrii sub formă chimică.

O diferență neobișnuită în modul în care interacționăm cu alimentele noastre, în comparație cu alte animale, este modul în care le pregătim. Nu numai că spălăm ceea ce urmează să mâncăm pentru a îndepărta impuritățile, dar adesea mergem mult mai departe - avem o modalitate de a face alimentele mai digerabile decât sunt în mod natural: gătitul.

Mâncarea fierbinte este mâncarea bună. Nimeni nu este sigur cum mâncarea gătită a devenit o parte importantă a vieții umane. Se presupune, în general, că a început accidental, când un animal sau niște cereale au căzut aproape de foc. Mirosul atractiv i-ar fi putut încuraja pe trecători să guste mâncarea carbonizată, iar aroma îmbunătățită care rezultă din gătit ar fi făcut-o ceva care merită copiat. Unul dintre efectele încălzirii alimentelor este modificarea texturii proteinelor, făcându-le mai ușor de mestecat și digerat. Gătitul eliberează, de asemenea, substanțe chimice complexe care stimulează simțul mirosului. Avem tendința de a crede că atunci când mâncăm, gustul este cel care ne dictează preferințele și antipatiile, dar mirosul este o componentă foarte puternică a sistemului

nostru de detectare a ceea ce este bun de mâncat. Nu vrei să fii nevoit să guști excremente (de exemplu) pentru a ști că nu vor constitui o masă bună. Simțul mirosului este prima linie de apărare în a ne împiedica să mâncăm ceva dăunător, și o mare parte din ceea ce considerăm gust este, de fapt, miros. O parte din îmbunătățirea gustului în timpul gătirii se datorează descompunerii carbohidraților în zaharuri mai simple și concentrației aromelor pe măsură ce apa fierbe, dar o mare parte se datorează eliberării de substanțe chimice aromatice care stimulează nasul. Cu toate acestea, în scurt timp, a fost observat un efect secundar mai important al gătitului - are și avantajul de a ucide bacteriile și virusurile și de a distruge unele toxine, cum ar fi *fitohemaglutinina*, otrava din fasolea roșie (care este mortală atunci când este necălită) și otrăvurile găsite în plantele înrudite cu mătrăguna, cum ar fi cartofii. A trebuit să treacă ceva timp până să ne dăm seama că nu numai că carnea gătită era mai gustoasă și mai ușor de mâncat pentru că era mai puțin dură, dar și că cei care o mâncau erau mai puțin predispuși să sufere de dureri de stomac sau să moară din cauza dietei lor. Dar odată ce această realizare a avut loc, am putut adăuga în dietă alimente care, în starea lor naturală, ar fi fost total necomestibile. Această realizare trebuie să fi fost deosebit de dificilă cu alimente care sunt otrăvitoare în stare crudă, cum ar fi fasolea roșie. Este greu de imaginat pe cineva văzând un vecin murind ca urmare a consumului de fasole roșie și apoi gătind ei înșiși boabele pentru a le încerca! S-ar putea să fi fost observația că gătitul a făcut comestibile unele lucruri necomestibile, care a determinat o familie flămândă să-și asume riscul, sau includerea accidentală a fasolei roșii într-o tocăniță care nu a produs dureri de stomac oribile. Într-un fel sau altul, totuși, gătitul a devenit o parte a procesului nostru de zi cu zi de pregătire a materiilor prime pentru a ne ajuta să producem energie.

Cupa care înveselește

Desigur, mâncatul nu înseamnă doar generarea de energie. Simțurile tale asigură că este o oportunitate de plăcere. Și sunt lucruri pe care probabil le consumi și care au un impact direct asupra creierului tău. Ia, de exemplu, acea ceașcă de ceai sau cafea esențială de dimineață. Cofeina din cafea, ceai și unele băuturi răcoritoare este un medicament care are un impact rapid asupra sistemului neural. Utilizarea cafeinei pentru a obține un impuls mental merge în urmă cu mult timp, ceaiul fiind consumat de câteva mii de ani în China, în timp ce cafeaua și-a făcut drum spre Vest din Africa în secolul al XVI-lea, unde boabele fuseseră deja folosite ca stimulente timp de mulți ani. Cofeina are mai multe efecte asupra organismului, dar cel mai interesant este modul în care se blochează pe receptorii din creier care gestionează de obicei o substanță chimică numită *adenozină*. Gândește-te la încuietori și chei - receptorii sunt ca niște încuietori care vor accepta doar chei cu o anumită formă. Cofeina se poate potrivi în cele destinate *adenozinei*. După cum se întâmplă, unul dintre rolurile *adenozinei* este de a induce o senzație de somnolență, de oboseală. Prin reducerea cantității de *adenozină* care se blochează pe receptorii de *adenozină*, cofeina ne poate ajuta să ne simțim mai treji. Un efect secundar al activității reduse a *adenozinei* este o creștere a activității unei alte substanțe chimice naturale a creierului, *dopamina*. Aceasta este un neurotransmițător, una dintre moleculele utilizate pentru a ajuta la transportul semnalelor de la neuroni din creier către alte celule. Rezultatul este acel mic impuls familiar pe care ni-l oferă cofeina. Cofeina apare într-un număr destul de mare de plante - ceai, cacao, cafea și cola - oferind băuturile noastre stimulatoare familiare. Atributele sale pozitive pentru noi sunt un efect secundar accidental al scopului său intenționat - cofeina este un insecticid natural care apare în plante pentru a ajuta la eliminarea insectelor prădătoare. Se întâmplă doar să ne ofere rezultate pe care le apreciem atunci când interacționează cu sistemul nostru nervos. Este destul de înfricoșător să te gândești că, pur și simplu, a bea un *latte* sau a sorbi un cola duce la schimbări într-o funcționare fundamentală a creierului tău. Toate dovezile arată că nu provoacă daune, totuși, și are un efect ușor benefic asupra capacității de concentrare. Ca multe medicamente, poate duce la dependență și, odată ce cineva este dependent, va produce simptome de sevraj dacă este privat de acesta. De aceea, mulți oameni care renunță la cafea susțin că se simt mai bine. Ei compară inconștient modul în care se simt după ce medicamentul a ieșit din sistemul lor cu perioada neplăcută de sevraj. Dacă îți place cafeaua sau ceaiul în cantități rezonabile, nu este nevoie să renunți la ele.

Mâncarea zeilor

Uneori se presupune că un alt produs preferat, ciocolata, conține și cofeină - dar nu conține. Cel mai notabil ingredient care influențează creierul din ciocolată este o substanță chimică cu gust amar din aceeași familie cu cofeina, numită ***teobromină***, care în greacă înseamnă, aproximativ, „hrana zeilor”. Teobromina are efecte similare cu cofeina, deși este oarecum mai blândă și, împreună cu zaharurile și un punct de topire similar cu temperatura gurii, pare a fi unul dintre principalele motive pentru care găsim ciocolata atât de atractivă. Este bine cunoscut faptul că câinilor nu trebuie să li se dea ciocolată - acest lucru se datorează faptului că *teobromina* este otrăvitoare pentru ei. Un câine mic poate fi ucis de doar 50 de grame de ciocolată neagră puternică (care are un conținut de *teobromină* mult mai mare decât ciocolata cu lapte). Aceasta nu este o problemă care se limitează la câini. Afectează toate mamiferele într-o oarecare măsură, deși viteza cu care *teobromina* este eliminată de sistem variază de la o specie la alta. Pisicile sunt deosebit de sensibile la ea, dar nu au o problemă, deoarece nu au receptori de gust dulce, deci nu consideră ciocolata deosebit de atrăgătoare.

Teobromina este, de asemenea, otrăvitoare pentru oameni, dar acest lucru nu ar trebui să provoace îngrijorare - la o doză suficient de mare, practic orice (chiar și apa, de exemplu) este otrăvitoare. Oamenii au de aproximativ trei ori rezistența la *teobromină* per kilogram de greutate corporală decât câinii și cântăresc mult mai mult, așa că nu vom fi afectați de dulciurile noastre. Pentru a obține o doză periculoasă, un adult ar trebui să mănânce peste cinci kilograme de ciocolată cu lapte. Acest aspect al dozei, care este important pentru toxicitate, este ceva de care ar trebui să fiți conștienți dacă cumpărați alimente organice, deoarece sunteți îngrijorați de efectele pesticidelor asupra corpului dumneavoastră. Practic, fiecare substanță prezintă un anumit risc, dar consumăm pesticide în cantități relativ mici, astfel încât riscul lor este minim în comparație cu multe alte lucruri pe care le mâncăm. Plantele conțin, de asemenea, pesticide naturale, care sunt la fel de periculoase pentru noi ca și cele artificiale. Cu siguranță are sens să spălați fructele și legumele înainte de a le mânca (parțial din cauza bacteriilor din sol), dar dacă adunați riscul de cancer, de exemplu, dintr-o dietă tipică, 93% din risc provine din alcool și 2,6% din cafea. Odată ce scoatem din cale sursele naturale de risc relativ periculoase, cum ar fi salata, piperul, morcovii, scorțișoara și sucul de portocale, principalul contaminant este o substanță chimică numită ETU, la 0,05%. Dacă adunați toți contaminanții chimici majori și pesticidele la niveluri legale, acestea au un risc similar cu consumul de țelină. Acest lucru nu înseamnă că ar trebui să evitați să mâncați țelină sau să beți suc de portocale - ci doar că este important să puneți riscul în proporție.

Medicamentul câștigător

Un alt exemplu de ceva ce luăm de la sine înțeles și care are efecte semnificative asupra creierului și a corpului a început ca un tratament pe bază de plante, folosind coaja de salcie și extracte din planta ”dulceața pajiștilor” (*spiraea*). Acestea au fost folosite pentru a trata durerile de cap, febra și inflamațiile încă din 2000 î.Hr., când sunt menționate pe o listă de cumpărături medicale datând din Dinastia a III-a Sumeriană a Urului. Acestea au fost analgezice populare de atunci. În secolul al XVIII-lea, o neînțelegere a dus la o căutare și mai mare a scoarței de salcie. Coaja de salcie peruviană sau coaja de *cinchona*, sursa de chinină, era deja folosită pentru a trata boala mortală malaria, dar era foarte scumpă. *Coaja de salcie*, mult mai ieftină, a fost recomandată ca înlocuitor, dar acesta a fost un caz de confuzie. Tot ce face coaja de salcie este să suprime simptomele malariei, în timp ce *cinchona* are un efect mai activ. Totuși, această eroare a fost suficientă pentru a asigura faptul că coaja de salcie a mers din ce în ce mai bine.

Singurul inconvenient al medicamentului era că provoca tulburări stomacale. Ingredientul activ, pe care acum îl cunoaștem ca *acid salicilic*, ar fi putut ajuta la ameliorarea durerilor de cap și a altor dureri și febre, dar în schimb perturba procesele digestive, provoca dureri ascuțite de stomac și putea chiar provoca hemoragii stomacale periculoase. În 1899, compania chimică germană Bayer a găsit o soluție parțială. Un produs derivat din *acid salicilic*, numit *acid acetilsalicilic*, avea aceleași beneficii medicale, dar era mai blând cu stomacul. L-au numit „aspirină”, de la o versiune

prescurtată a denumirii germane a compusului, *acetylspirsaure*. A devenit una dintre cele mai bine vândute mărci Bayer, alături de medicamentul lor popular pentru suprimarea **tusei**, *heroina*! Iar acest nume „aspirină” era protejat prin drepturi de autor. Numai Bayer o putea produce. Acum, însă, este un nume generic în țări precum Marea Britanie, în mod ciudat, ca urmare a unui tratat care a pus capăt unui război. Acesta a fost tratatul de la Versailles, semnat la 28 iunie 1919. Acesta detalia reparațiile pe care Germania urma să le plătească la încheierea Primului Război Mondial. Majoritatea acestui tratat era de genul la care v-ați aștepta: detalii despre granițele țărilor, restricții privind desfășurarea și armele militare, plăți financiare și prevederi privind industria grea. Dar, printre aceste preocupări majore, se afla dreptul de a folosi numele „aspirină”. În timp ce în Germania (și în alte 80 de țări din întreaga lume) aspirina este încă o marcă comercială a companiei Bayer, în Marea Britanie și în alte țări semnatare, numele poate fi folosit de oricine. Ar putea părea nebunesc ca un astfel de drept minor să fie scris într-un tratat major, dar ambele părți fuseseră afectate de teribila pandemie de gripă spaniolă spre sfârșitul războiului, iar aspirina s-a dovedit vitală în reducerea febrelor. A fost o adevărată descoperire medicală. Aspirina a rămas un medicament extrem de important timp de peste 50 de ani. Când eram copil, era încă singurul analgezic popular fără prescripție medicală. Dar, până în anii 1970, a fost retrogradat la un produs secundar de *paracetamolul* mai prietenos cu stomacul. Acesta este numit *acetaminofen* în SUA, dar mai bine cunoscut prin mărci precum Panadol (produsul Bayer) și Tylenol. Părea probabil ca aspirina să dispară din utilizare, asta până când s-a descoperit că ar putea ajuta la prevenirea atacurilor de cord și a accidentelor vasculare cerebrale. Aspirina atenuează durerea și reduce inflamația prin dezactivarea unei enzime numite *ciclooxigenază*. Enzimele sunt proteine speciale care ajută la îmbunătățirea reacțiilor chimice din organism. În cazul *ciclooxigenazei*, reacția este producerea unei perechi de hormoni care, împreună, provoacă inflamație și transmit mesaje de durere către creier - aspirina acționează ca analgezic prin perturbarea acestei reacții. Cu toate acestea, s-a descoperit că aspirina reduce, de asemenea, capacitatea unui compus numit *tromboxan* de a face ca trombocitele din sânge să se aglomereze. Trombocitele sunt celulele care fac sângele să se coaguleze în răni, dar dacă se aglomerează în vasele de sânge, pot bloca fluxul, ducând la atac de cord și accident vascular cerebral. O doză mică de aspirină pe termen lung a devenit obișnuită pentru a reduce acest risc. Această nouă utilizare a aspirinei a revigorat averea medicamentului - aproximativ 35.000 de tone sunt încă consumate în fiecare an. Ca și cafeina, aceasta este o substanță chimică relativ simplă care interferează cu o mică parte a mecanismelor complexe de semnalizare chimică din corpul dumneavoastră, cu rezultate benefice.

De la energie chimică la mișcarea mușchilor

S-ar putea să obținem plăcere sau beneficii medicale de la anumite substanțe chimice pe care le consumăm, dar scopul principal al alimentației rămâne producerea de energie. Am văzut deja cum digestia alimentelor într-un proces cu ardere lentă generează energie care este stocată în moleculele ATP. Apoi, mușchii o folosesc pentru a te pune în mișcare. Proteine speciale eliberează energia din ATP, o proteină „mergând” pe un filament făcut dintr-o altă proteină, croindu-și drumul ca o serie de mici clicheturi, rezultând contracția mușchiului și capacitatea de a te mișca. Acest proces este stimulat de un semnal electric. O primă înțelegere a acestei componente electrice a condus la un film *horror* foarte faimos. Când o tânără femeie pe nume Mary Wollstonecraft Godwin se pregătea pentru o vacanță de vară romantică cu viitorul ei soț, ea a adunat o listă de lecturi care includea un raport al italianului Luigi Galvani despre munca sa. Căsătorită, tânăra avea să devină Mary Shelley, și într-o zi ploioasă în timpul acelei vacanțe în Elveția a scris povestea care avea să devină romanul Frankenstein. Galvani experimentase cu broaște disecate și, într-un accident, se pare, a reușit să aplice o sarcină electrică mușchiului piciorului unei broaște, provocând zbârcirea piciorului ca și cum ar fi fost încă viu. Deși a fost puternic denaturat la acea vreme (nu în ultimul rând de dna. Godwin), aceasta a fost prima imagine a importanței electricității în cadrul animalelor ca o modalitate de a trimite semnale de control.

Făcând munca să se întâmple

Până acum am presupus doar că „energia” este un concept bine înțeles, dar merită să clarificăm cu ce avem de-a face. Am văzut deja că energia și materia sunt interschimbabile, deși, de obicei, este nevoie de o reacție specială, cum ar fi fisiunea nucleară, fuziunea sau anihilarea materie-antimaterie, pentru a converti materia în energie. În corpul tău, energia chimică, care este energia stocată în legăturile electronice care leagă atomii împreună într-o moleculă, este eliberată pentru a fi convertită în energia mecanică a mușchilor. Cum face energia ca lucrurile să se întâmple? Energia face muncă. „Muncă” este doar energie transferată dintr-un loc în altul. Când împingem materia, de exemplu, munca este egală cu forța pe care o folosești înmulțită cu distanța pe care reușește să miște ceva. Odată, munca în sens non-științific însemna, de obicei, muncă grea. Munca fizică. În zilele noastre, ceea ce facem la locul de muncă poate fi mai puțin direct, dar chiar și „munca de creier” implică un transfer de energie și, adesea, această muncă de creier este o premisă a muncii fizice. Deci, de exemplu, în scrierea unei cărți, obținerea ideii originale nu implică multă muncă fizică, dar totul, de la tastare la producția unei cărți, va implica. Și, în general, corpul este în afacerea de a converti energia chimică în muncă aplicată. Munca, ca și energia în general, este măsurată în *jouli*. În viața de zi cu zi, folosim adesea unitatea de energie învechită, caloria, care este puțin peste patru *jouli*. Măsurăm conținutul energetic al alimentelor în mii de calorii (sau kilocalorii). Nutriționiștii au crezut că termenul „kilo” ar confunda publicul (acesta a fost înainte de a fi obișnuiți cu măsurătorile metrice), așa că, în loc să spună că ceva are, să zicem, 129 de kilocalorii, spun adesea că are doar 129 de calorii (pur și simplu greșit) sau 129 de Calorii (litera C majusculă este corectă din punct de vedere tehnic, dar confuză).

Marele mister al bondarului

De fiecare dată când vă mișcați corpul, consumați energie din alimentele pe care le-ați consumat. Este destul de simplu. Dar unele creaturi dau impresia că folosesc mai multă energie în mișcare decât consumă, părând să genereze energie de nicăieri. Un exemplu des citat este albina bondar. „Este un mister”, veți auzi. "Nimeni nu înțelege cum reușește un bondar să zboare. Știința nu are niciun răspuns". Acest lucru a fost folosit chiar de la amvon ca un exemplu al faptului că Dumnezeu este capabil de ceva ce știința nu poate explica.

În realitate, însă, întregul paradox al bondarilor este o eroare. Da, pare ciudat că un corp mare și gras poate fi ținut în aer de aripi atât de mici și fragile. Dar albina este surprinzător de ușoară, iar aripile bondarilor nu sunt ca aripile unei păsări. Ele se mișcă la o viteză mult mai mare, producând un efect de ridicare diferit. Rezultatul seamănă mai mult cu un set de lame de elicopter decât cu aripi care bat, iar mecanismul lor produce vârtejuri, coloane de aer care se rotesc rapid și care dau mult mai multă portanță decât o aripioară tradițională. Pur și simplu nu există o problemă de rezolvat cu bondarul. Acesta nu utilizează mai multă energie decât consumă.

Cangurul elastic

Cu toate acestea, există un exemplu real de animal care, într-un fel, folosește mai multă energie decât consumă în hrană. Acesta este cangurul. Dacă adunăm energia necesară pentru a produce toate salturile pe care un cangur le face într-o zi, aceasta va fi cu adevărat mai mare decât energia produsă de hrana pe care cangurul o consumă. Iată un animal care produce energie de nicăieri - sau cel puțin așa pare.

Ceea ce biologii au omis atunci când au făcut calculele inițiale a fost faptul că mușchii care alimentează picioarele cangurului se comportă ca o minge de cauciuc care ricoșează. Când arunci o minge de cauciuc și aceasta lovește solul, mingea se strânge, absorbind energia coliziunii. Apoi revine la forma inițială, eliberând acea energie și propulsând mingea înapoi în aer. Este ca energia stocată într-un arc sau într-o bandă de cauciuc întinsă. Nimic nu adaugă energie suplimentară în sistem, dar mingea ricoșează în aer propulsată de energia înmagazinată în timp ce este strivită de podea.

Ceva similar se întâmplă cu cangurul. Datorită modului în care sunt conectați mușchii, atunci când cangurul lovește podeaua, energia este stocată în mușchi, ca și cum o bandă elastică ar fi întinsă. Aceasta este apoi eliberată și alimentează parțial următoarea săritură, astfel încât cangurul are nevoie de mult mai puțină energie din aportul alimentar pentru a se menține în mișcare. Fără acest sistem, toată energia cu care animalul lovește podeaua s-ar pierde în sunet și căldură. Dar aici o parte este stocată pentru a fi folosită din nou. Este asemănător cu modul în care mașinile electrice își împing energia de frânare în baterie pentru a o utiliza din nou mai târziu.

Căldura în mișcare

Fie că ne uităm la energia folosită în corpul tău, fie la cea folosită de un cangur, avem de-a face cu termodinamică. Asta sună ca studiul căldurii care se mișcă, și chiar este, cu condiția să-ți amintești că căldura este doar o formă de energie. Căldura este energia cinetică din moleculele în mișcare dintr-o substanță - încălziți ceva și acele molecule se mișcă mai repede. Termodinamica a devenit extrem de importantă în secolul al XIX-lea, deoarece explică modul în care funcționează motoarele cu abur și este acum o parte fundamentală a științei. Cât de importantă este se poate vedea într-o citație de la unul dintre cei mai mari oameni de știință de la începutul secolului al XX-lea, Arthur Eddington. El a spus: *„Dacă cineva îți arată că teoria ta favorită despre univers este în dezacord cu ecuațiile lui Maxwell* [ecuațiile care descriu funcționarea electromagnetismului] - *cu atât mai rău pentru ecuațiile lui Maxwell. Dacă se constată că este contrazisă de observație - ei bine, experimentatorii aceștia mai cam încurcă lucrurile uneori. Dar dacă teoria ta se dovedește a fi împotriva celei de-a doua legi a termodinamicii, nu-ți pot da nicio speranță; nu-i nimic de făcut decât să te prăbușești în cea mai profundă umilință*." Vom ajunge la această „a doua lege” despre care vorbea Eddington într-o clipă, dar mai sunt și altele. Termodinamica începe, în mod ciudat, cu legea zero (numită astfel deoarece a fost adăugată după prima lege, dar o susține). Aceasta spune doar că, dacă ai două obiecte în contact la aceeași temperatură, nu va exista un flux general de căldură de la unul la celălalt. Deoarece căldura este de fapt despre moleculele care se ciocnesc, va exista un transfer constant de energie înainte și înapoi, dar acesta se anulează. Prima lege spune că energia este conservată: nu poți să o faci sau să o distrugi. Obții ce ai pus. A doua lege, cea de care Eddington era atât de preocupat, spune că căldura (adică energia) se va mișca de la un loc cald la un loc rece. Și, pentru completare, există o a treia lege care spune că nu poți aduce un corp la zero absolut, limita totală de frig, într-un număr finit de pași. Poți ajunge mereu cu o fracțiune mai aproape, dar niciodată până la capăt.

Experiment - Termodinamică în acțiune

Umpleți un fierbător electric și porniți-l. Ascultați-l și, dacă este transparent, observați ce se întâmplă. Conform legii zero, înainte de a porni fierbătorul, nu exista un flux de căldură între elementul de încălzire și apă. Dar când porniți fierbătorul, elementul este încălzit de electricitate și, curând, ajunge la o temperatură foarte diferită de cea a apei din jur. Energia începe să curgă de la cald la rece, conform celei de-a doua legi. Ar trebui să auziți un fel de șuierat care devine mai puternic în timp. Apoi, chiar înainte ca fierbătorul să fiarbă, devine relativ liniștit. Chiar la sfârșitul ciclului, veți auzi zgomotul bulelor de apă care fierb. Șuieratul acela este sunetul a multor bule mici de vapori de apă care se prăbușesc. Deoarece elementul de încălzire este semnificativ mai fierbinte decât punctul de fierbere al apei, apa în contact direct cu acesta absoarbe multă energie și formează mici bule de gaz. Acestea se deplasează în apă, care nu este departe de element și este mult mai rece, provocând prăbușirea bulelor cu mici pocnituri, care se adună pentru a face șuieratul distinctiv al fierbătorului. Zgomotul dispare chiar înainte de fierbere, deoarece apa este practic la punctul de fierbere, astfel încât bulele nu se prăbușesc. Apoi, pe măsură ce apa atinge punctul de fierbere, se formează bule mai mari de gaz în toată apa, nu numai la punctul de contact cu elementul, producând acțiunea familiară de fierbere.

Fără mașini cu mișcare perpetuă

Prima și a doua lege a termodinamicii sunt niște stricători de petreceri. Împreună, acestea exclud posibilitatea de a crea o mașină cu mișcare perpetuă. Dacă aveți copii mici, s-ar putea să credeți că ei sunt mașini cu mișcare perpetuă, dar nivelurile de energie ale corpului uman sunt întotdeauna suplimentate din alimente. O mașină cu mișcare perpetuă sună minunat - există ceva magic în gândul unei mașini care poate funcționa pentru totdeauna și ar trebui doar să conectați acea mașină la un generator pentru a avea o sursă inepuizabilă de electricitate. Dacă ați putea încălca oricare dintre aceste legi, ați râde. Dacă conservarea energiei nu se aplică, puteți folosi mai multă energie decât introduceți în sistem. Odată ce ați pornit o mașină care emite mai multă energie decât ați introdus, ați putea începe să alimentați ieșirea acesteia înapoi în intrare, lăsând mașina să se alimenteze singură și să mai aveți energie rămasă. În mod similar, dacă ați putea încălca a doua lege, înseamnă că ați putea face ca energia să treacă dintr-un loc rece într-un loc mai cald. Ați putea apoi folosi acea energie pentru a face lucru mecanic. S-ar putea părea că un frigider încalcă a doua lege, deoarece ia energie dintr-un loc rece (interior) și o trimite într-un loc mai cald (exterior). Dar un frigider nu poate face asta fără ajutor. A doua lege a termodinamicii se aplică numai dacă nu pompați energie în sistem - dar asta faceți exact cu un frigider. Folosiți energie pentru a muta căldura din locul rece în locul mai cald și folosiți mai multă energie decât mutați. Oamenii încearcă să construiască mașini cu mișcare perpetuă de cel puțin 1.300 de ani. S-au dovedit atât de populare încât birourile de brevete au încetat să mai accepte brevete pentru ele, cu excepția cazului în care puteau fi demonstrate cu un model de lucru adecvat. Uneori, ați putea vedea ceea ce pare a fi o mașină cu mișcare perpetuă, dar aceasta va primi întotdeauna energie de undeva din exterior pentru a continua să funcționeze.

Energia Crookes

Poate cel mai cunoscut exemplu de mișcare perpetuă aparentă este radiometrul Crookes. Această jucărie are o serie de palete în interiorul unui bec de sticlă. Paletele nu sunt conectate la nicio forță motrice și nu există motoare sau celule solare implicate. Cu toate acestea, acele palete se învârt, aparent la nesfârșit. Arată ca mișcare perpetuă, dar, de fapt, dispozitivul este alimentat de Soare - sau de orice sursă de lumină din apropiere. Becul de sticlă poate împiedica energia mecanică să rotească paletele, dar nu oprește lumina și, sub această formă, energia pătrunde constant în dispozitiv. Se credea că radiometrul funcționează prin impactul luminii. O parte a fiecărei palete este neagră, cealaltă parte este albă. Fotonii de lumină vor fi absorbiți de partea neagră, dar vor fi reflectați de partea albă. Deși fotonii nu au masă, ei au energie și, după cum ne spune Einstein, masa și energia sunt interschimbabile, astfel încât fotonii au impuls - forța de a face lucrurile să se miște. De fapt, ar fi posibil să alimentezi o navă spațială cu vele solare uriașe, colectând „vântul” de fotoni de la Soare. Din păcate, ai nevoie de vele foarte mari pentru a obține orice împingere vizibilă. Paletele din radiometru sunt mult prea mici pentru asta. Ceea ce le mișcă este aerul din bec. Acesta este la o presiune relativ scăzută pentru a reduce rezistența, dar este acolo. Deoarece partea neagră a paletelor absoarbe fotonii, acestea se încălzesc în comparație cu părțile albe. O parte din această căldură este transferată moleculelor de aer din apropiere (în conformitate cu a doua lege), astfel încât părțile negre sunt lovite mai mult de moleculele care se mișcă mai repede și paletele încep să se rotească. Accesați site-ul web The Universe Inside You www.universeinsideyou.com . selectați *Experiments* și faceți clic pe *Crookes in action*. Videoclipul demonstrează un radiometru Crookes în acțiune.

Este ușor de demonstrat că căldura este cauza, nu presiunea luminii, deoarece radiometrul merge în direcția opusă celei la care v-ați aștepta. Dacă s-ar mișca prin presiunea luminii, ar împinge mai mult pe partea albă, astfel încât s-ar roti cu părțile albe în spatele paletelor. Dar termodinamica se așteaptă ca părțile negre să fie împinse și într-adevăr acestea sunt cele care se află în spatele mișcării.

Energie curată infinită

Mișcarea perpetuă ar putea părea o idee victoriană, dar recent, în 2007, o companie a avut o lansare mare de presă pentru ceea ce părea a fi un dispozitiv de mișcare perpetuă. Compania irlandeză Steorn a ajuns pe prima pagină a ziarelor când a promis să demonstreze o mașină care ar produce „energie curată infinită". Dispozitivul *Orbo*, se lăuda Steorn, folosea câmpuri magnetice pentru a genera energie de nicăieri. După multă exagerare, demonstrația dispozitivului la Londra a fost anulată din cauza „dificultăților tehnice". Deoarece, chipurile, era doar o problemă cu faptul că iluminarea era prea fierbinte pentru echipament, ceea ce provoca cedarea rulmenților, ar părea rezonabil ca o nouă demonstrație să fie organizată câteva zile mai târziu - dar *Orbo* nu a fost încă demonstrat. Dispozitivul Steorn ar folosi o combinație de magneți fixați și în mișcare care trasează căi ciudate prin câmpul magnetic al Pământului, pentru a genera energie. Steorn s-a alăturat unei lungi linii de eșecuri în construirea unei mașini cu mișcare perpetuă - sau, cu alte cuvinte, o sursă de energie regenerabilă. (Când vorbim despre energia eoliană sau solară ca fiind „regenerabilă", în realitate ne referim la faptul că acestea provin de la Soare, deci vor fi disponibile pentru o perioadă foarte, foarte lungă de timp, dar nu sunt cu adevărat regenerabile.)

Entropia crește

A doua lege a termodinamicii este adesea formulată într-un mod diferit: entropia crește. Entropia sună ca un concept vag când auzi prima dată despre el - este o măsură a dezordinii dintr-un sistem. Corpul tău are mult mai puțină entropie decât toate componentele chimice care te alcătuiesc aranjate aleatoriu, deoarece corpul tău are structură. Camera unui adolescent are multă entropie. Cu cât este mai multă dezordine, cu atât este mai mare entropia. În realitate, entropia nu este doar o chestiune de prezentare descriptivă, este o măsură statistică. Este numărul de moduri distincte în care puteți organiza componentele sistemului. Dacă vă gândiți, de exemplu, la literele de pe această pagină, există o singură modalitate de a le aranja astfel încât să scrie exact cuvintele pe care le citiți. Dar există multe, multe alte moduri de a le aranja (majoritatea rezultând într-un amestec de litere incomprehensibil). Deci, în aranjamentul pe care îl vedeți, literele sunt foarte ordonate, cu entropie scăzută, iar a doua lege a termodinamicii ne spune că a fost nevoie de energie pentru a face asta. Nu au căzut pur și simplu la locul lor, a trebuit să lucrez la asta. La fel au făcut și editorii și tipograful. Există multe amestecări aleatorii ale acestor aceleași litere, care ar fi relativ dezordonate, cu o entropie mai mare. Pare destul de natural ca entropia să crească. De exemplu, o ceașcă de ceai este mai ordonată și are o entropie mai mică decât multe bucăți de ceramică sparte. Este destul de ușor să faci ca entropia să crească, lăsând ceașca să cadă și să se spargă în bucăți. Este practic imposibil să faci ca entropia să scadă și să nu mai lase ceașca să cadă, lăsând toate piesele să se reunească într-un singur obiect. Ideea că entropia crește a fost folosită pentru a argumenta împotriva evoluției vieții pe Pământ. Pământul a trecut de la o colecție dezordonată, aleatorie de molecule la forma comparativ foarte ordonată care include toate ființele vii pe care le vedem acum. Unii cred că acest lucru dovedește că trebuie să existe un creator pentru a face ca ordinea să apară din haos. Dar aceasta este o neînțelegere a celei de-a doua legi. Aceasta spune că entropia crește (sau rămâne aceeași) într-un sistem închis, adică unul în care energia nu poate intra sau ieși. Pământul nu este un sistem închis. Avem o cantitate uriașă de energie care vine de la Soare, și așa putem sfidă a doua lege.

Fizica monștrilor

Această legătură dintre entropie și viață nu este singurul exemplu de fizică de bază care are un efect direct asupra ființelor vii. Corpul tău nu are nicio problemă cu legile fizicii (în afară, poate, de o ușoară lăsare din cauza gravitației). Dar același lucru nu se aplică monstrului tipic. Un monstru înfricoșător tradițional din ficțiunea fantastică este insecta sau păianjenul supradimensionat. Un ucigaș nemilos ca un păianjen ar fi oribil dacă ar fi mărit la o dimensiune în care un om ar putea fi prada lui. Gândindu-ne la asta, ar putea părea ciudat că nu ne confruntăm cu astfel de prădători înfricoșători - de ce nu au evoluat pentru a cuceri lumea? Gândește-te la furnicile masive din filmul *Them*! din anii 1950 sau la păianjenii uriași din *Stăpânul Inelelor* și *Harry Potter.* Dacă astfel de

creaturi îți dau coșmaruri, te poți liniști cu cunoștința că nu pot exista niciodată. Imaginează-ți că am luat tipul de păianjen pe care îl găsești în baie și l-am făcut de 100 de ori mai mare. Groaznic! Prin „de 100 de ori mai mare” înțelegem că ar fi de 100 de ori mai lat, cu picioarele de 100 de ori mai lungi. Dacă am tăia prin picioarele unui astfel de păianjen, în secțiune transversală ar fi de 100 x 100 – de 10.000 de ori suprafața picioarelor unui păianjen normal. Dar ce se întâmplă cu greutatea unui astfel de *arahnid* titanic? Greutatea depinde de volum, deci păianjenul ar fi de 100 x 100 x 100 - de un milion de ori mai greu. Asta înseamnă că ajungi cu de un milion de ori greutatea susținută de picioare care sunt doar de 10.000 de ori mai mari în secțiune transversală - păianjenul s-ar prăbuși sub propria greutate. Acest lucru s-ar întâmpla și mamiferelor uriașe (inclusiv oamenilor), dar păienjenii și insectele ar avea o altă problemă dacă ar fi mărite la dimensiuni enorme. Asta pentru că respiră prin carapacea lor („piele” lor exterioară dură). Suprafața carapacei, și deci cantitatea de oxigen preluată, ar crește de 10.000 de ori, dar ar susține de 1.000.000 de ori mai mult corp. Prin urmare, un astfel de păianjen masiv ar muri de asfixie în același timp cu ruperea tuturor picioarelor sale. Nu chiar atât de înfricoșător.

Stând pe două picioare

Revenind la corpul tău, mijlocul tău de locomoție este, ai putea crede, mai simplu decât cel al unui păianjen. La urma urmei, un păianjen are opt picioare de coordonat pentru a evita să se împiedice de propriile picioare. Cu siguranță este adevărat că, cu două picioare, avem relativ puține mersuri - mișcări diferite ale picioarelor - de învățat. Dar avem o problemă diferită.

A fi pe două picioare nu este foarte stabil; trebuie doar să observați un copil care face primii pași pentru a vedea asta. Este puțin ca diferența dintre mersul pe bicicletă și tricicletă. Când învață pentru prima dată, biciclistul are problema suplimentară a echilibrului, la fel ca oricine încearcă să meargă pe două picioare. Asta necesită destul de multă practică și consumă, de asemenea, energie. În practică, mersul pe două picioare este un fel de cădere repetată combinată cu recuperarea.

Neliniște și pocnitul de degete

Chiar și a sta în picioare îți consumă energie - semnificativ mai mult decât a sta jos - și puțini dintre noi pot sta cu adevărat nemișcați. Este fascinant să observi alți oameni atunci când sunt, chipurile, nemișcați, și să vezi cât de mult se neliniștesc, se mișcă și, în general, fac mișcări mici. Mâinile sunt deosebit de bune la umplerea timpului, rămânând în mișcare. Bunica mea își învârtea adesea degetele mari - un obicei ușor de prins, deși este greu de explicat de ce. Și apoi sunt cei care își pocnesc degetele. Apărarea standard pentru cei dintre noi care nu ne pocnim degetele este de a avertiza pe cei care o fac că vor ajunge cu artrită dacă o fac în continuare. Dar este adevărat? Un om și-a făcut o misiune din a afla. Donald L. Unger, medic din Thousand Oaks, California, și-a pocnit degetele de la mâna stângă în fiecare zi de peste 60 de ani, lăsând mâna dreaptă neatinsă. Deși este imposibil să tragi concluzii definitive de la o singură persoană - Dr. Unger ar putea fi ca una dintre acele persoane care apar în mod regulat la știri spunând „Am fumat 40 de țigări pe zi de când aveam 20 de ani și acum am 95 de ani” - el nu a suferit niciun dezavantaj la mâna stângă, deci s-ar putea ca legătura dintre pocnitul degetelor și artrită să fie o poveste de-a babei. A sta în picioare, cu sau fără pocnitul degetelor, este cu siguranță o capacitate care va fi testată pe deplin la următoarea noastră destinație. Vreau să te îndrepți spre un parc tematic.

6. Te simți amețit

Fă o plimbare cu un *montagne russe* modern, genul în care eşti întors cu capul în jos, învârtit într-o spirală şi, în general, aruncat în toate părţile şi dezorientat. Ce se întâmplă cu modul în care vezi lumea? Cum îţi afectează simţurile? Când cobori, s-ar putea să te simţi ameţit şi uşor şovăielnic pe picioare. Deci, de ce o plimbare continuă să-ți distrugă simțurile, chiar și după ce cobori? Simțurile sunt unul dintre acele procese biologice care definesc viața. Ele oferă interfața dintre tine și lume. Fără simțuri, nu ai nicio modalitate de a afla nimic, nicio modalitate de a reacționa la lumea din jurul tău.

Numărarea simțurilor

Câte simțuri ai? Răspunsul spontan este cinci, dar acest lucru este atât de evident greșit când te gândești la plimbarea de la parcul tematic. Care dintre cele cinci simțuri tradiționale - văzul, auzul, mirosul, atingerea și gustul - a fost cel care ți-a spus că ești cu capul în jos? S-ar putea să crezi că este văzul, şi cu siguranţă contribuie, dar chiar crezi că nu ai observa că eşti cu capul în jos dacă ai avea ochii închişi? Cele cinci mari simțuri sunt importante, dar sunt doar începutul explorării noastre a simțurilor. Am analizat deja vederea în acțiune când ne-am uitat la stele, dar despre ce este auzul? Sunetul este adesea descris ca o undă, dar este mai exact să-l numim o secvență regulată de impulsuri. Imaginea noastră tipică a unei unde este ceva asemănător cu o ondulare la suprafața apei. Unda se propagă dintr-o parte în alta, la un unghi drept față de direcția în care se deplasează unda. Dar într-o undă sonoră, unda este în aceeași direcție în care se mișcă sunetul.

Experiment - Simularea sunetului

Faceți rost de un arc de jucărie Slinky și fixați un capăt de ceva care să îl țină în loc (alternativ, rugați pe cineva să țină celălalt capăt). Întindeți arcul pe orizontală până când este destul de întins. Acum, împingeți brusc capătul pe care îl țineți, urmat imediat de o tragere înapoi.

Ar trebui să trimiteți o undă în jos pe arc spre celălalt capăt. Încercați acest lucru de mai multe ori. Pe măsură ce unda se îndreaptă în jos pe arc, spirala de metal se comprimă, apoi se întinde.

Dacă nu aveți un *slinky*, vizitați www.universeinsideyou.com , faceți clic pe *Experiments* (Experimente) și apoi alegeți experimentul *Waves in Springs* (Valuri în arcuri) pentru a vedea o undă longitudinală de tip sonor în acțiune.

Acest tip de undă de compresie „longitudinală” este ceea ce înseamnă sunetul. Când ceva vibrează - un difuzor, un instrument muzical sau corzile vocale, de exemplu - împinge moleculele de aer cele mai apropiate. Acestea sunt comprimate mai aproape de următorul grup de molecule de aer, la fel ca un arc care se comprimă. Acest următor strat de molecule de aer este respins și se îndepărtează, apropiindu-se de următorul grup de molecule de aer... și așa mai departe. Compresia se deplasează înainte. Acesta este sunetul, care se deplasează cu aproximativ 340 de metri pe secundă prin aer. Când te gândești la asta, sunetul trebuie să fie acest tip de undă de compresie, mai degrabă decât o undă de la o parte la alta, ca o ondulare pe apă. Dacă s-ar deplasa dintr-o parte în alta, ar continua să se lovească de restul aerului și ar rămâne curând fără energie. De obicei, undele dintr-o parte în alta (sau „transversale”) pot parcurge doar marginea materialului care face unda. Singura excepție este lumina - dacă o consideri o undă, aceasta se deplasează dintr-o parte în alta și poate călători prin mijlocul unui mediu, dar asta pentru că nu este o undă în materie - funcționează la fel de bine în vidul spațiului. Viteza sunetului este una dintre noțiunile de bază ale naturii pe care este ușor să o testezi singur. Data viitoare când va fi o furtună, poți măsura viteza sunetului direct. Tunetul este pur și simplu sunetul produs de aer, deoarece un fulger trimite temperaturi crescând

până la 20.000 °C. Atât tunetul, cât şi fulgerul apar simultan în acelaşi loc. Dacă vezi un fulger, apoi auzi tunetul după un timp, poţi folosi asta pentru a avea o senzaţie directă a vitezei sunetului. Pentru toate scopurile practice, lumina va sosi instantaneu. Dacă furtuna este, să zicem, la zece kilometri distanţă, lumina are nevoie de doar 1/300.000 dintr-o secundă pentru a acoperi distanţa. Deci întârzierea în auzirea tunetului îţi spune cât timp durează sunetul pentru a traversa distanţa. Pentru acea furtună îndepărtată de zece kilometri, care se deplasează cu aproximativ 340 de metri pe secundă, sunetul va rămâne în urmă cu lumina cu peste 29 de secunde.

De la unda de compresie la unda cerebrală

În cele din urmă, după ce îşi face loc prin aer, un sunet va ajunge la urechea ta. Partea externă, vizibilă a urechii, canalizează o gamă largă de compresii în gaura mică din partea capului, amplificând unda. Mai adânc în cap, compresia loveşte timpanul. Această membrană se mişcă înainte şi înapoi pe măsură ce moleculele de aer în mişcare o împing şi o trag. Timpanul transmite mişcarea prin trei oase mici - cele mai mici din corp - către o a doua membrană numită fereastra ovală, care pune lichidul din *cohlee* în mişcare. *Cohleea* este o cameră osoasă în formă de spirală (cuvântul provine din latinescul pentru melc), care este umplută cu un lichid apos. Mişcarea din fluid este preluată de smocuri mici care arată ca nişte fire de păr, dar care sunt de fapt extensii ale membranelor celulare. Acestea stimulează „celulele ciliate” de la bază şi generează semnale în nervul auditiv. La fel ca în vedere, ceea ce a fost un fenomen fizic extern a devenit un semnal electric care călătoreşte printr-un nerv către creier, unde va fi procesat pentru a construi o imagine sonoră. Unii oameni au leziuni la aceste celule ciliate, iar auzul lor poate fi restabilit parţial cu un implant *cohlear.* Acesta stimulează direct neuronii pe care ar trebui să acţioneze celulele ciliate. O cască externă preia sunetele şi procesează semnalul pentru a produce o serie de impulsuri electrice care sunt transmise unui dispozitiv mic implantat sub piele, care la rândul său stimulează electrozii încorporaţi în *cohlee*. Primele implanturi aveau doar un singur electrod, deşi numărul a crescut de-a lungul timpului la peste douăzeci de puncte de stimulare separate. Chiar dacă aceasta înseamnă că doar un subset mic al nervilor conectaţi la celulele ciliate sunt activaţi, implanturile au permis utilizatorilor să înţeleagă vorbirea, dovedindu-se mult mai eficiente decât se aştepta iniţial. Peste 100.000 de oameni au beneficiat acum de implanturi *cohleare*.

Iluzii auditive

Avem tendinţa de a considera auzul ca un simţ mai simplu decât vederea. Există atât de multe iluzii optice binecunoscute încât nu este dificil să acceptăm că creierul construieşte o himeră vizuală care este încercarea sa de a construi o imagine din diferitele intrări pe care le primeşte. Sunetul, însă, avem tendinţa de a-l considera doar, ei bine... sunet. Presupunem că ceea ce auzim este ceea ce este acolo. Dar, din nou, datele brute de intrare sunt supuse procesării şi manipulării de către creierul tău. Este perfect posibil să produci o iluzie auditivă. Dacă doriţi să experimentaţi una pentru dvs., accesaţi www.universeinsideyou.com . faceţi clic pe *Experiments* şi selectaţi *Efectul McGurk*. Urmaţi instrucţiunile de pe pagina web.

Sunetul emoției

Ca şi vederea, sunetul este mult mai mult decât o simplă sursă de informaţii; el ne poate influenţa puternic emoţiile. Dacă există un moment într-un film care vă aduce aproape de lacrimi, este posibil ca intensificarea bruscă a muzicii să fie cea care declanşează răspunsul emoţional. Chiar şi absenţa muzicii poate fi eficientă în acest sens. Dacă o dramă utilizează intens coloana sonoră, o perioadă bruscă de tăcere poate creşte tensiunea şi poate adăuga un sentiment de implicare reală.

Un alt exemplu al efectului pe care îl are sunetul asupra emoţiilor noastre este atunci când găsim un zgomot iritant. Un sunet iritant ne poate domina simţurile. Cel mai cunoscut (şi universal citat) zgomot iritant este sunetul produs de târârea unghiilor pe o tablă sau o ardezie. Au fost efectuate analize privind impactul acestui sunet şi, în mod neaşteptat, nu frecvenţele înalte care fac

sunetul atât de distinctiv sunt cele care ne deranjează. Acestea pot fi eliminate, iar rezultatul este în continuare grăitor pentru ureche.

S-a sugerat că sunetul unghiilor pe o tablă ar putea fi similar cu un strigăt de avertizare preuman (distribuția frecvenței părții deranjante a zgomotului este similară cu cea a strigătului de avertizare al maimuțelor *macaque*) sau cu chemarea unui prădător de mult uitat. Oricare ar fi cauza, după cum concluzionează lucrarea de cercetare, „creierul uman înregistrează în mod evident încă un răspuns vestigial puternic la acest sunet înfricoșător”.

Toate sunt de bun gust

Vederea și auzul sunt simțurile principale. Acestea sunt cele care au un impact major asupra vieții tale dacă le pierzi. Dar gustul este destul de diferit. Bine, ne ajută să ne dăm seama dacă am mâncat ceva neplăcut și transformă mâncatul dintr-o corvoadă într-o plăcere. Dar nu este un simț extraordinar. Mai mult, gustul este de departe cel mai puțin eficient dintre cele cinci simțuri. Prima sa problemă este accesul simplu - pentru a putea gusta ceva trebuie să ajungă în gură - ceea ce îi limitează domeniul de aplicare. Dar gustul este, de asemenea, mai limitat deoarece vă bazați într-o măsură considerabilă pe celelalte simțuri pentru a completa simțul gustului.

Experiment - Limitele gustului

Acest experiment necesită puțină pregătire. Răciți două pahare de vin (doar pentru adulți, din păcate), unul roșu și unul alb, la aceeași temperatură în frigider. În timp ce vinul se răcește, tăiați câteva bucăți mici de alimente cu texturi similare, dar cu gusturi foarte diferite. Încercați, de exemplu, câteva brânzeturi diferite, câteva fructe și legume crude, ciocolată și o pâine grea.

Acum astupați-vă nasul cu hârtie absorbantă răsucită (presupunând că nu aveți dopuri de nas) și acoperiți-vă ochii cu o mască. Este posibil să aveți nevoie de ajutor pentru a realiza experimentul în acest moment. În mod ideal, cereți altcuiva să amestece probele înainte de a le încerca, deoarece vă puteți păcăli ușor dacă știți ce este.

Luați câte o înghițitură din fiecare pahar de vin. Majoritatea dintre noi credem că putem face diferența între vinul roșu și cel alb, dar este oare la fel de evidentă fără miros și vedere?

Încercați diferitele mostre de mâncare. Acestea vor avea un gust diferit, dar sunt ele la fel de distinctive ca de obicei, fără contribuția simțurilor mirosului și văzului?

Multe dintre gusturile pe care le considerați în mod obișnuit gusturi sunt de fapt mirosuri sau sunt influențate de ceea ce puteți vedea. Atunci când papilele gustative sunt lăsate să se descurce singure, ele nu se descurcă nici pe departe atât de bine pe cât ne-am fi așteptat.

De asemenea, se pare că există unele diferențe în modul în care percepem gustul care sunt influențate de sunet. Un zgomot de fond puternic pare să ne facă să credem că alimentele pe care le mâncăm sunt mai puțin dulci și sărate, dar mai crocante.

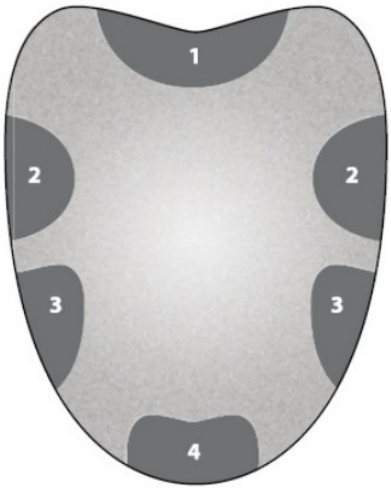
În timp ce mâncau *chipsuri*, participanții la un test au crezut că *chipsurile* pe care le mâncau erau mai proaspete și mai crocante decât cei care au auzit un sunet mai liniștit, atunci când au auzit sunetul unei mușcături puternice și crocante.

Aromele și papilele gustative

Papilele gustative detectează cinci arome principale - dulce, amar, acru, sărat și *umami*. Acesta din urmă este cel mai puțin cunoscut. Este aroma „sărată”, adesea descrisă ca fiind cea care apare într-o formă concentrată în potențiatorul de aromă *glutamat monosodic*, adesea adăugat la alimentele prelucrate pentru a scoate în evidență gustul sărat. Este posibil să fi văzut una dintre aceste diagrame, care indică zonele limbii care detectează diferite arome (vezi mai jos).

Am văzut chiar experimente în care se susținea că subiecții pot detecta aceste arome atunci când zona respectivă a limbii este stimulată prin presiune. Aceasta pare a fi o idee complet fictivă,

care datează din prima parte a secolului al XIX-lea. Nu este mai reală decât frenologia, ideea victoriană conform căreia capacitățile tale mentale sunt reflectate de mărimea umflăturilor de pe craniu. Realitatea este că fiecare parte a limbii poate detecta toate aromele.



1 – bitter
2 – sour
3 – salt
4 – sweet

Harta aromelor limbii: acum discreditată

Pe limbă există între 2 000 și 6 000 de papile gustative. Fiecare este o mică adâncitură în suprafață, prin care produsele alimentare (dizolvate în salivă, dacă sunt solide) pot intra în contact cu receptorii gustativi, care produc semnale ca urmare a prezenței anumitor substanțe chimice. Astfel, salinitatea, de exemplu, este în primul rând detectarea ionilor de sodiu, în timp ce gustul acrișor este rezultatul detectării de către receptori a unui acid.

Mineralul din dulapul de bucătărie

Sarea este un element neobișnuit în dieta noastră. Dacă vă uitați pe rafturile cu alimente, sarea este probabil singurul produs pe care îl consumați în mod regulat care nu provine de la o ființă vie - este un mineral. Este, de asemenea, un component foarte bogat al vocabularului nostru. Ești vrednic de sarea ta, sau sarea pământului? Ești suficient de ticălos încât să freci sare în rănile cuiva, sau suficient de bogat încât să pui o avere deoparte? Sarea, compusul simplu clorură de sodiu, combină două elemente dramatice. Sodiu este un metal care explodează practic la contactul cu apa, în timp ce clorul este un gaz otrăvitor verde, primul agent de război chimic utilizat pe scară largă, care a făcut ravagii în Primul Război Mondial. Faptul că cele două se combină pentru a face acele cristale albe mici și stabile este destul de surprinzător. Toate animalele au nevoie de sare în cantități mici (deși nu este total evident de ce este unul dintre cele cinci mari gusturi). Acționează ca un electrolit - un purtător de electricitate într-un lichid - în corp, ceea ce înseamnă că a fost întotdeauna prezentă ca parte a dietei noastre, deși este posibil ca la început toată sarea consumată de oameni să fi fost amestecată cu alte lucruri, de exemplu în sângele animalelor. Ca o paranteză, veți auzi uneori că soldații romani erau plătiți în sare, și de aici ne vine cuvântul „salariu”. Este cu siguranță sursa cuvântului (sarea este **sal** în latină), dar *salariul* soldaților era o plată în bani obișnuiți cu scopul de a cumpăra sare. Cu toate acestea, nu au primit un pachet de salarizare care să conțină o bucată de sare de rocă, oricât de atrăgătoare ar fi imaginea. Sarea are un gust foarte distinctiv și există puține lucruri pe care le experimentăm care au mai multă forță sărată decât o înghițitură accidentală de apă de mare. Dar, ciudat, apa de mare nu conține sare! Apa de mare conține, în soluție, atât ioni de sodiu care provin din materialul de rocă dizolvat, cât și ioni de clorură, care provin în principal din vulcani și orificii hidrotermale subacvatice. Dar cele două seturi de ioni plutesc în jur independent.

Numai atunci când apa de mare este evaporată se formează clorură de sodiu - sare. În principiu, apa ar avea gust sărat dacă ar avea doar ioni de sodiu în ea (sau chiar ioni de metal similar potasiului).

Mirosind în jur

Ca și gustul, simțul mirosului are mai puțină valoare zi de zi decât alte simțuri. Da, este util să detectezi fumul sau să găsești ceva prin casă care s-a stricat. Și, după cum am văzut, este un contribuitor major la plăcerile gustului. Cu toate acestea, mirosul rămâne un simț limitat, cel puțin pentru oameni. Deși poate detecta ceva de la distanță, este foarte dificil să obții o senzație de direcție cu mirosul - și, de cele mai multe ori, acest simț este paralizat de răceli și alte infecții care blochează nasul. Simțul mirosului este destul de strâns legat de gust, nu numai în modul în care îl folosești, ci și în modul în care funcționează. Mirosul este un proces de detectare a diferitelor substanțe chimice, folosind detectoare specializate în spatele nasului și deasupra acestuia, în interiorul capului. Substanțele chimice purtate de aer se dizolvă în mucusul de deasupra receptorilor, iar substanțele chimice capturate interacționează cu acei receptori, declanșând semnale către creier. În regnul animal, mirosul poate fi mult mai important decât este pentru noi. Trebuie doar să urmăriți un câine care se plimbă prin parc pentru a realiza acest lucru. Cu siguranță un câine își folosește ochii și urechile, dar nasul său - mult mai sensibil decât al nostru, capabil să capteze mirosuri care sunt cu mult peste un milion de ori mai diluate decât orice putem mirosi - este, de asemenea, în acțiune constantă. Pentru un câine, peisajul de mirosuri al parcului este la fel de important ca orice poate vedea.

Detectând un partener

Mirosul nu este folosit doar pentru a detecta amenințări și pradă, ci poate fi, de asemenea, o modalitate de a comunica cu alți membri ai aceleiași specii. Câinii petrec mai mult timp atunci când sunt afară alegând mirosul de la alți câini decât făcând practic orice altceva. Cele mai cunoscute (deși nu singurele) substanțe chimice din afacerea de semnalizare mirositoare sunt hormonii numiți feromoni. Insectele care acționează împreună ca și cum ar fi un organism mai mare, cum ar fi albinele și termitele, au o gamă largă de feromoni pentru semnalizare și coordonarea acțiunilor.

Oamenii produc și ei feromoni, deși există multe dezbateri despre cât de mult mirosul influențează atitudinea noastră față de sexul opus. Un experiment celebru a analizat modul în care diferențele dintr-o anumită genă ar putea schimba preferințele prin producerea de hormoni și simțul mirosului. Se descoperise că diverse animale tind să adulmece un partener care are variante diferite ale unui anumit grup de gene, HLA, care sunt parțial responsabile pentru capacitatea de a rezista infecțiilor. Implicația a fost că este benefic pentru urmași să aibă variante diferite de HLA, oferindu-le o șansă mai bună de a lupta împotriva bacteriilor. Dacă animalele fac asta, ar putea influența și alegerea umană? Experimentul, realizat în 1995, a cerut unui grup de femei să miroasă tricouri, fiecare dintre ele fiind purtat timp de două nopți de un bărbat diferit. După testarea genelor celor implicați, s-a dovedit că femeile au avut o preferință, bazată doar pe miros, pentru gene HLA diferite de ale lor. Deci, este posibil ca simțul nostru olfactiv să influențeze selecția unui partener - deși trebuie subliniat că acesta nu este singurul factor implicat. De exemplu, arătăm, de asemenea, preferințe distincte bazate pe forma feței. Și, în opoziție cu simțul nostru olfactiv, se pare că selectăm forme faciale ale potențialilor parteneri cu gene HLA care sunt apropiate de ale noastre. Cu siguranță nu suntem la mila unui singur impuls genetic prin miros, dar se pare că are o influență asupra atracției umane.

În căutarea mirosului pierdut

Auziți adesea spunându-se că mirosul este mai puternic decât orice alt simț când vine vorba de evocarea amintirilor detaliate. Aceasta se dovedește a fi un mit - nu există dovezi că mirosul este mai bun la declanșarea amintirilor decât orice alt simț. Cu toate acestea, pare, din modul în care neuronii se aprind în creier, că prima dată când un miros este legat de un anumit obiect sau eveniment, declanșează o activitate cerebrală mult mai energică decât în ocaziile ulterioare, ceea ce

înseamnă că s-ar putea să ne amintim prima dată când am experimentat un anumit miros. Acest lucru nu este cazul cu celelalte simțuri și poate însemna că avem o tendință mai mare de a asocia mirosurile cu amintirile timpurii (și, prin urmare, evocatoare) decât o facem cu celelalte simțuri. Deci, când Marcel Proust a vorbit monoton despre amintirile copilăriei evocate de gustul unei prăjituri *madeleine* înmuiate în ceai în *A la recherche du temps perdu*, el a folosit simțul greșit ca declanșator. Simțul omniprezent Mirosul, ca și celelalte trei simțuri pe care le-am acoperit până acum, este concentrat pe o colecție de receptori într-o zonă mică a corpului. Dar al cincilea simț, atingerea, este mult mai difuz. Deși aveți un simț al atingerii mai dezvoltat în unele părți ale corpului decât în altele, toată pielea dvs. este echipată cu receptori tactili. Atingerea este în primul rând un proces mecanic. Senzorii din piele reacționează la presiune sau la deformarea suprafeței pielii. Atingerea este distinctă de celelalte patru simțuri principale prin faptul că nu este un mijloc de detectare a unui declanșator care intră - lumină, sunet sau substanțe chimice - ci mai degrabă monitorizează modificările din corpul însuși. Celelalte simțuri se concentrează pe mediu, dar atingerea ține evidența corpului dumneavoastră.

A vedea cu pielea

Deci, cu cinci simțuri în buzunar, de ce mai avem nevoie de mai multe? Iată un exemplu simplu: puneți mâna la câțiva centimetri de un fier de călcat care este pornit. Nu există nimic ce cele cinci simțuri vă pot spune, să zicem, uitându-vă la baza acelui fier de călcat, pentru a vă anunța că vă va arde. Cu toate acestea, puteți simți că fierul este fierbinte de la distanță și nu îl veți atinge dacă sunteți sensibil. (Acesta este un cuvânt deosebit de bun aici. „Sensibil” însemna inițial detectabil de simțuri.) Cum detectați căldura de la distanță? Deoarece pielea ta are senzori care detectează o formă invizibilă de lumină, infraroșu.

În mod surprinzător, nu se cunosc prea multe despre modul exact în care simțim temperatura, deși se crede că există mecanisme diferite pentru detectarea lucrurilor fierbinți și reci și pot exista mecanisme separate atât pentru a face față temperaturii generale (un obiect pare fierbinte sau rece?) cât și impactului direct al infraroșu asupra pielii. În mod clar, există un fel de receptor în piele care ne permite să judecăm impactul căldurii așa cum îl simți atunci când ești lângă orice lucru fierbinte, dar detaliile trebuie încă stabilite.

Un simț al durerii

Vorbind despre mâncarea picantă, cum ar fi ardeiul iute sau *curry*, spunem că este „fierbinte”. Cu toate acestea, această experiență nu folosește același simț care detectează căldura de la un fier. Nici nu este gust. Gustul ardeiului iute nu este diferit de ardeiul gras - acei ardei roșii, galbeni, portocalii sau verzi blânzi pe care îi găsești feliați în salate. Dar când muști dintr-un ardei iute, gustul este șters de un nou simț care intră în joc - *simțul durerii*. Deși multora dintre noi ne place să mâncăm mâncare picantă, senzația pe care o declanșează o astfel de „căldură” este de fapt durerea. Ardeii iuți conțin *capsaicină* și alte substanțe care se leagă de receptorii de durere din gură. Ele au efecte similare asupra zonelor delicate ale pielii, cum ar fi ochii, dacă intră în contact, de unde și spray-ul cu piper, care conține *capsaicină*. Apropo, spray-ul cu piper nu ar fi de niciun folos dacă ai fi atacat de struți - păsările nu au un receptor pentru *capsaicină*, deci nu are niciun efect asupra lor. Un ardei iute este doar una dintre multele modalități de a produce durere și una relativ ușoară. Durerea este un termen complex care acoperă cu adevărat mai multe simțuri diferite. Vei experimenta durerea ca urmare a senzorilor chimici, cum ar fi cei care captează *capsaicina*, dar și prin senzori termici și mecanici atunci când cantitatea de stimul pe care o primesc depășește un nivel de declanșare. O cantitate mică de căldură este plăcută, dar peste punctul de declanșare arzi - devine durere. În mod similar, un stimul mecanic ușor asupra corpului tău este simțit doar ca o atingere. Dar dacă merge prea departe - să zicem ceva care se înfige în tine și deformează carnea - devine durere. Ca toate simțurile, un stimul la receptorul original generează un semnal în sistemul nervos - internetul corpului. Acest semnal este direcționat către creier și numai acolo ceea ce a fost pur și simplu un semnal chimic și apoi electric devine o experiență senzorială a durerii.

Acesta este modul în care acționează comprimatele analgezice - nu călătorind prin corp până la punctul în care simțiți durerea și interacționând cumva cu partea afectată, ci prin interceptarea acțiunii în creier și oprirea transmiterii semnalului de durere.

Durerea are o funcție importantă, dar modul în care funcționează este un exemplu de „proiectare” greșită a corpului. Durerea ar putea fi mult mai bună decât este. Trebuie să fim alertați de sursele de durere, însă senzația este adesea disproporționată față de urgența problemei. Deși putem bloca alte simțuri (gândiți-vă la legăturile la ochi și la dopurile de urechi), durerea este simțul pe care încercăm cel mai adesea să îl modificăm în beneficiul nostru personal. Dacă ființele umane ar fi fost cu adevărat proiectate, mai degrabă decât evoluate, un bun proiectant ne-ar fi oferit o modalitate ușoară de a opri durerea după ce aceasta și-a făcut treaba.

Găsirea propriului nas

Experiment - Participați la propria percepție

Iată un experiment foarte simplu care demonstrează un alt mod în care aveți capacități senzoriale care merg dincolo de cele cinci celebre. Stați jos și închideți ochii. Rămâneți nemișcați pentru o clipă, cu mâinile pe lângă corp. Acum ridicați una dintre mâini și, folosind arătătorul, atingeți-vă vârful nasului. Încercați înainte de a citi mai departe.

Cu excepția cazului în care au leziuni cerebrale, majoritatea oamenilor pot face acest lucru cu ușurință. Evident, aveți nevoie de un simț pentru a putea face acest lucru, dar care dintre cele cinci simțuri v-a ajutat? Nici unul dintre ele. Acesta este un mecanism complet diferit.

Experimentul de mai sus implică cel mai obscur și indirect dintre simțurile tale, numit propriocepție. Acesta este simțul care detectează unde se află părțile corpului tău una față de cealaltă. Este un fel de meta-simț, combinând cunoștințele creierului tău despre ceea ce fac mușchii tăi cu o senzație a dimensiunii și formei corpului tău. După cum arată experimentul pe care tocmai l-ai făcut, acesta este un mecanism care îți permite, fără a-ți folosi cele cinci simțuri de bază, să ghidezi o mână pentru a atinge cu precizie o altă parte a corpului tău. Alte animale au o gamă și mai largă de simțuri decât noi. Rechinii, de exemplu, pot detecta câmpurile electrice generate de sistemele nervoase ale prăzii, în timp ce unele păsări detectează câmpul magnetic al Pământului pentru a-și ghida migrațiile - de fapt, ele au o busolă încorporată. Animalele care folosesc ecolocația, cum ar fi liliecii, pot folosi aceiași senzori ca și noi pentru auz, dar folosesc un simț total diferit, unul care construiește ceva mai apropiat de experiența tridimensională a vederii decât simpla auzire a zgomotelor.

Simțind accelerația

Simțul care intră în special în joc în timp ce ești aruncat pe *montagne russe* care a deschis acest capitol este unul care se bazează pe accelerație. Este adesea identificat ca parte a simțului echilibrului (dându-i numele sofisticat de *equilibriorecepție*), dar acesta este un exemplu de biologi care confundă simțul și funcția. Principala utilizare a detectării accelerației este de a ajuta la echilibru, dar ceea ce simțim este accelerația. Poți face asta pentru că urechea ta internă are lichid în interior care se mișcă odată cu mișcarea. Acesta curge peste mici celule ciliate care sunt trase odată cu mișcarea lichidului și semnalează creierului tău cum te miști. Acesta este echivalentul corpului cu accelerometrele din telefoanele mobile moderne, care le permit să spună cum sunt rotite și răsucite. Este, de asemenea, motivul pentru care rămâi amețit și zguduit când cobori de pe *montagne russe* - lichidul este un mecanism eficient de detectare a accelerației pentru un sistem biologic, dar dezavantajul este că durează un timp să se stabilizeze după ce a fost serios perturbat. Pe *montagne russe* ești supus la două forțe principale - gravitația, care te trage spre centrul Pământului, și forța pe care o impune vagonul asupra ta, împingându-te și trăgându-te în toate direcțiile pe măsură ce te rostogolești pe pistă. Această împingere și tragere este adesea denumită forța **g** ('**g**' pentru gravitație).

Greutate și masă

De fapt, forța '**g**' pe care o simți este un fel de greutate artificială. Greutatea este un cuvânt cu care trebuie să fim atenți în știință. Greutatea unui lucru este cantitatea de forță pe care o simte din cauza gravitației, dar avem tendința de a o folosi ca un cuvânt alternativ pentru masă, care este o măsură a cantității de material existent într-un lucru. Este ușor să te încurci, deoarece folosim aceleași unități pentru greutate și masă - dar sunt fundamental diferite. O pungă de cafea cu greutate de un kilogram pe Lună ar conține de șase ori mai multă cafea decât o pungă de un kilogram pe Pământ. Dar o masă de un kilogram de cafea ar fi aceeași. S-ar putea să cântărești 70 de kilograme pe suprafața Pământului, dar sus pe Stația Spațială Internațională, greutatea ta ar fi practic zero. Masa ta ar fi, de asemenea, de 70 de kilograme pe Pământ, dar această valoare ar rămâne aceeași pe stația spațială. Asta nu ar trebui să surprindă; așa cum am spus deja, masa descrie pur și simplu cât de mult material există în tine. Acel material nu dispare doar pentru că intri pe orbită. Pe lângă faptul că spune cât de mult material există într-un lucru, masa ne spune cât de multă forță este necesară pentru a pune un obiect în mișcare, lucru pe care Newton l-a rezolvat în a doua sa lege a mișcării (de fapt, Newton a inventat conceptul de masă în acest scop). A doua lege spune că cantitatea de forță de care ai nevoie pentru a pune ceva în mișcare este masa obiectului înmulțită cu accelerația pe care o experimentează. Deci, cu cât accelerezi mai repede ceva, cu atât este nevoie de mai multă forță pentru a face asta. Și acest lucru este exact același, indiferent dacă te afli pe Pământ sau în spațiu. Greutatea este cantitatea de forță pe care gravitația o aplică unei cantități de masă. Accelerația cauzată de gravitație pe suprafața Pământului este de aproximativ 9,8 metri pe secundă, în fiecare secundă. Deci, dacă cazi, în fiecare secundă vei fi cu 9,8 metri pe secundă mai rapid. Forța - greutatea ta - este doar de 9,8 ori masa ta - dar modificăm unitățile și măsurăm greutatea în aceleași unități ca masa. Greutatea ar trebui cu adevărat măsurată în newtoni, unitatea de forță în sistemul metric - atunci când întrebăm cât cântărește un nou-născut, răspunsul ar trebui să fie, de fapt, ceva de genul 35 de newtoni, dar acest lucru ar confuza pe toată lumea.

Când experimentezi forța '**g**' pe un *montagne russe* (sau orice altceva care accelerează), aceasta ar putea fi, să zicem, 2g - de două ori forța gravitației. Aceasta nu este o unitate științifică, dar este utilă pentru a oferi o idee despre cum se simte. Fără echipament special pentru a oferi sprijin, forțele de până la aproximativ 5g sunt tolerabile de către oameni, iar în perioade foarte scurte de timp, oamenii au supraviețuit șocurilor bruște de până la 100g.

Trage-mă, împinge-te

Dacă îți imaginezi că faci un viraj pe o atracție dintr-un parc tematic (sau într-o mașină), nu este evident în ce direcție acționează forța asupra ta. Dacă vehiculul virează la dreapta, simți că ești împins spre partea stângă a mașinii. Păreți să fiți aruncat în exterior de „forța centrifugă” - dar acest sentiment este înșelător. Nu există așa ceva cu forța centrifugă. Bunul simț spune: „Ba da, există, așa am ajuns să stau în poala vecinului meu după acel viraj strâns”, dar fizica știe mai bine. Newton a fost cel care a observat ce se întâmplă cu adevărat. Odată ce ceva se mișcă, continuă să meargă în linie dreaptă, cu excepția cazului în care îl împingi să-și schimbe direcția sau îl împingi să încetinească. Se întâmplă doar că obiectele de zi cu zi de pe Pământ primesc întotdeauna o împingere pentru a-și schimba direcția prin gravitație (de exemplu, când arunci o minge, aceasta trece de la a călători orizontal la a se curba în jos spre pământ) și primesc întotdeauna o împingere pentru a se opri, datorită frecării. (Lucrurile pot fi, de asemenea, împinse pentru a-și schimba direcția prin rotirea lor, ca atunci când o minge de fotbal este „pliată” în spatele unui zid de jucători.) Așadar, să ne întoarcem la acea forță centrifugă imaginară. Să spunem că te-ai mutat de pe *montagne russe* pe una dintre acele atracții cu cești de ceai din parcul tematic. Pe măsură ce ești rotit în cerc, se simte ca și cum ar fi ceva care te împinge spre exterior. Dar, odată ce începi să te miști, nu este nevoie de nicio forță pentru ca corpul tău să continue în linie dreaptă (deși, în practică, este necesară o forță pentru a contracara frecarea). Nu ai nevoie de o forță care să te împingă spre exterior.

În schimb, exteriorul ceştii de ceai te împiedică să te îndrepți în exterior şi te împinge spre interior pentru a te menține în ceaşcă. Forța nu este de fapt spre exterior (centrifugă), ci spre interior (centripetă - un termen inventat de Newton), rezistând tendinței tale naturale de a călători în linie dreaptă. Este la fel şi în *montagne russe* sau în mașină. Odată ce corpul tău se pune în mișcare, va încerca să iasă din mașină în linie dreaptă, dar mașina te împinge în direcția virajului, aplicând forță pentru a-ți schimba direcția.

Forța ocultă

În timp ce stai citind această carte, forța gravitațională este cea mai evidentă pe care o simți acționând direct asupra corpului tău. Această atracție către Pământ este una dintre cele patru forțe ale naturii (le vom întâlni pe celelalte trei în câteva pagini) şi acționează la distanță, lucru care i-a îngrijorat pe oameni de știință timp de sute de ani. Când Newton a descris modul în care gravitația a menținut planetele pe orbitele lor în capodopera sa (sincer, aproape ilizibilă) *Phihsophiae Naturalis Principia Mathematica*, a fost batjocorit de mulți dintre contemporanii săi, deoarece a descris gravitația ca o atracție, la fel cum o persoană este atrasă de alta. Ideile sale au fost numite „oculte” şi „absurde”. Problema era că, în general, pentru a face ceva să se întâmple la distanță, trebuie să trimiți ceva de la A la B. Dacă vrei să faci o cutie să cadă de pe gard, trebuie să arunci ceva spre ea - nu poți doar să te gândești la ea şi să o faci să se miște. Dacă vrei să te aud, trebuie să trimiți unde sonore prin aerul dintre noi. Dar gravitația pare să funcționeze fără ca nimic să conecteze corpurile care se atrag reciproc. Newton doar şi-a ridicat umerii şi a spus „Nu formulez ipoteze”. Habar nu avea cum funcționează gravitația, dar știa că matematica lui îşi face treaba şi leagă totul, de la merele căzătoare la planetele pe orbită.

Curba spațiului și timpului

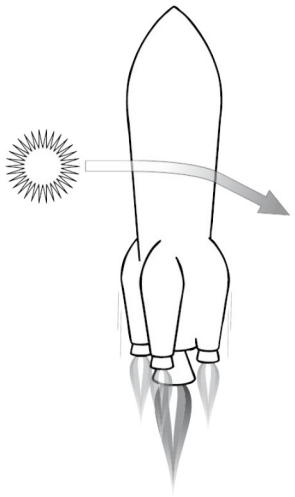
Omul care a înlăturat problema modului în care gravitația reușește să-ți mențină corpul pe Pământ a fost Albert Einstein. Dacă întrebi oamenii pe stradă pentru ce este cel mai faimos, probabil că vor spune $E=mc^2$, ecuația lui care leagă masa şi energia, care este cu siguranță importantă. Dar întreabă orice om de știință şi îți vor spune că cea mai impresionantă lucrare a lui a fost „relativitatea generală”, teoria sa despre modul în care funcționează gravitația.

Este notoriu de complicat, cel puțin în ceea ce privește matematica. Chiar şi Einstein a avut probleme cu asta şi a trebuit să ceară ajutorul unor matematicieni mai buni. Dar principiul de bază din spatele lui este atât de simplu încât aproape pare trivial. Einstein l-a visat în timpul liber la lucru în 1907. Iată cum a descris acel moment: „Stăteam într-un scaun în biroul de brevete din Berna, când deodată mi-a venit o idee: „Dacă o persoană cade liberă, nu-şi va simți propria greutate”. Am fost uimit. Gândul simplu mi-a făcut o impresie profundă. M-a împins spre o teorie a gravitației.” Mai târziu avea să descrie asta ca fiind „gândul cel mai fericit din viața mea”. Einstein a venit cu principiul echivalenței. Acesta spune că gravitația şi accelerarea sunt identice. Dacă te afli într-o rachetă, să zicem, fără ferestre, şi simți că ești tras în jos spre podea, nu există niciun experiment pe care îl poți face care să-ți spună dacă acea atracție este cauzată de gravitație sau pentru că experimentezi forța ”**g**” a navei care accelerează. Nu există nicio modalitate de a le deosebi. Desigur, poți trișa. Poți folosi ceva de genul GPS pentru a-ți identifica locația şi accelerația. Sau ai putea face experimente în diferite părți ale navei. Dacă forța pe care o simți este gravitație, aceasta ar trebui să varieze între o parte a navei care este mai departe de Pământ şi una care este mai aproape. Dar asta nu este ceea ce a vrut să spună Einstein. Dacă faci o măsurătoare într-un anumit punct şi nu folosești tehnologie care poate privi în afara navei, nu există nicio modalitate de a spune dacă forța este cauzată de accelerație sau gravitație. Deoarece cele două sunt echivalente, poți folosi o accelerație pentru a contracara gravitația - de fapt, pentru a o opri. Asta se întâmplă în cădere liberă. Probabil că ai văzut imagini cu „cometele de vomă”, avioanele care urcă sus în aer, apoi accelerează spre pământ la viteza potrivită pentru a contracara gravitația, lăsând pasagerii să plutească timp de aproximativ douăzeci de secunde înainte ca avionul să trebuiască să iasă din picaj.

Cădere și ratare

De asemenea, mai puțin evident, este ceea ce s-ar întâmpla cu tine dacă ai vizita Stația Spațială Internațională și ai observa efectul asupra corpului tău. Astronauții nu se confruntă practic cu gravitația, dar acest lucru nu se datorează faptului că sunt departe de Pământ. La înălțimea la care orbitează ISS, gravitația este de aproximativ 90% din cea de la nivelul solului. Dar, prin natura orbitei sale, stația și ocupanții săi cad în mod constant la viteza potrivită pentru a anula această gravitație. Singurul motiv pentru care ei nu sunt arși sau făcuți bucăți este că ratează Pământul.

Pe orbita sa, stația zboară în lateral și cade. Cele două mișcări se anulează, menținând-o la aceeași înălțime, dar tot în cădere liberă. După ce a început să se gândească la această echivalență, Einstein a avut o altă idee minunată - dacă tragi o rază de lumină în lateral într-o navă spațială care accelerează, raza va rămâne în urmă. De fapt, acesta se va curba în timp ce traversează nava. Dar dacă gravitația nu poate fi distinsă de accelerație, și aceasta ar trebui, de asemenea, să facă lumina să se curbeze.



Lumina ocolește o navă spațială

O minte mai slabă decât cea a lui Einstein ar fi putut decide că lumina ar fi atrasă de gravitație în același mod ca și alte lucruri. Dar, în schimb, acest lucru a inspirat o idee cu totul nebunească - cum ar fi dacă un obiect masiv precum Pământul nu ar atrage lucrurile, cum ar fi dacă ar răsuci atât spațiul, cât și timpul (spațiu-timpul)? Acest lucru ar duce la îndoirea fasciculului de lumină.

Imaginea des utilizată a acțiunii relativității generale este o minge de bowling pe o foaie de cauciuc. Acea foaie reprezintă spațiul și timpul. Mingea provoacă o adâncitură în foaie. Dacă vă imaginați o rază de lumină ca o linie dreaptă care trece prin foaie atunci când mingea este pusă la locul ei, linia se va îndoi - lumina va călători acum în jurul unei curbe. Masa a deformat spațiul și timpul și a schimbat direcția luminii. Totuși, în ceea ce privește lumina, aceasta se deplasează în continuare pe o linie dreaptă; spațiul-timp prin care se deplasează lumina este cel curbat.

Gata cu acțiunea la distanță

Lucrul frumos la abordarea gravitației prin relativitatea generală este că elimină necesitatea dezordonată a acțiunii la distanță. Orice lucru cu masă deformează spațiul-timpul din jurul său, iar această distorsiune se răspândește prin țesătura spațiului-timp. Chiar și corpul tău creează propria sa distorsiune, foarte mică, în spațiu și timp. Deci, atunci când orice întâlnește o parte a spațiului-timpului care a fost deformată, va simți atracția gravitației. Modelul foii de cauciuc este bun, dar poate fi puțin înșelător. În primul rând, imaginea sa a spațiului-timpului este bidimensională, dar realitatea are trei dimensiuni de spațiu și una de timp. Iar foaia de cauciuc nu este atât de bună pentru a explica de ce un obiect începe să se miște (mărul lui Newton, de exemplu) atunci când simte atracția gravitațională a altcuiva. Acest lucru a fost descris ca fiind similar cu așezarea unui

rulment pe marginea adânciturii din foaia de cauciuc cauzată de bila de bowling. Rulmentul va începe să se rostogolească în jos pe pantă spre bilă. Dar de ce începe bila să se rostogolească? Ce o face să se rostogolească în jos? Ei bine, este gravitația. Deci, această explicație folosește gravitația pentru a explica gravitația - este un argument circular și este inutil. Realitatea este mult mai uimitoare. Ia un măr, ține-l la nivelul taliei și dă-i drumul. În momentul în care îi dai drumul, mărul simte atracția gravitației. Mărul este atras către Pământ și Pământul către măr. Dar Pământul are mult mai multă masă și o atracție mult mai mare. Curând, mărul cade, devenind din ce în ce mai rapid. Cum s-a întâmplat asta conform relativității generale? Totul constă în faptul că masa Pământului nu doar deformează spațiul, ci deformează *spațiul-timp*. Deși mărul era staționar în spațiu, se mișca prin timp. Odată ce spațiul-timpul a fost deformat, acea mișcare în timp a trebuit să fie parțial răsucită într-o altă dimensiune. Dar există o singură dimensiune a timpului - deci o parte din mișcarea prin timp a devenit o mișcare prin spațiu. Mărul este accelerat prin spațiu și cade la pământ din cauza unei deformații în timp. Uimitor, dar adevărat.

Încetinirea ceasurilor

S-ar putea să credeți că asta înseamnă că pierdeți o parte din mișcarea prin timp, deci timpul ar trebui să meargă mai lent într-un câmp gravitațional - și merge. Sateliții GPS funcționează prin compararea timpilor de pe ceasuri precise. Acești timpi trebuie corectați pentru a face față schimbării cauzate de cealaltă mare teorie a lui Einstein, relativitatea specială. Aceasta spune că timpul trece mai lent pe un obiect în mișcare - deci ceasurile de pe satelit sunt puțin mai lente decât cele de pe Pământ. Dar sateliții experimentează, de asemenea, mai puțină atracție gravitațională decât ar experimenta dacă ar fi pe suprafața Pământului. Deci, relativitatea generală spune că ceasurile lor vor funcționa rapid, iar aceasta este cea mai mare corecție care trebuie făcută pentru a face GPS-ul să funcționeze.

Experiment - Evaluarea echivalenței

Puneți mâna pe un balon umplut cu heliu legat de o sfoară și plimbați-l cu mașina (rugați pe altcineva să conducă). Țineți sfoara balonului aproximativ central în habitaclul mașinii, balonul plutind, dar fără să atingă plafonul mașinii. Când se poate face acest lucru în siguranță, cereți șoferului să frâneze. Aceasta ar trebui să fie o frânare constantă timp de câteva secunde, mai degrabă decât o frânare bruscă. Ce se întâmplă cu balonul?

O evaluare rapidă a ceea ce se întâmplă în experimentul de mai sus ar putea sugera că balonul ar trebui să se îndrepte spre parbriz. Argumentul este cam așa: când șoferul apasă frâna, mașina încetinește, sau, cu alte cuvinte, accelerează în direcția opusă direcției de deplasare. (Decelerarea este doar accelerarea în direcția opusă mișcării.) Această accelerare nu se aplică balonului, astfel încât balonul continuă să se miște înainte. Aceasta este prima lege a mișcării a lui Newton, care spune că, cu excepția cazului în care i se aplică o forță, ceva va continua să se miște așa cum era. De fapt, se va întâmpla ceva cu totul diferit. Cea mai ușoară modalitate de a înțelege acest lucru este să folosim principiul echivalenței al lui Einstein. Pe măsură ce încetinește, mașina accelerează spre spate. Deoarece accelerarea și gravitația sunt echivalente, aceasta este echivalentul existenței unei atracții gravitaționale spre partea din față a mașinii. (Gândiți-vă la exemplul inițial al rachetei. Simțiți aceeași atracție dacă există gravitație în jos sau dacă racheta accelerează în sus.) Când mașina frânează, sunteți atrași spre față de această „gravitație” cauzată de accelerație. Acum, gândiți-vă ce face un balon cu heliu când experimentează o atracție gravitațională normală spre sol. Merge în direcția opusă gravitației, deoarece cântărește mai puțin decât aerul pe care îl îndepărtează, astfel încât simte o forță în direcția opusă gravitației (de obicei numită ridicare). Aceasta înseamnă că, dacă există o atracție gravitațională spre partea din față a mașinii, balonul cu heliu va pluti spre spatele mașinii - și într-adevăr asta face.

Forța creației

Gravitația este cea mai evidentă dintre cele patru forțe care fac posibilă existența corpului tău. Nu o poți rata. Fără gravitație, există atât de multe motive pentru care nu ai fi aici. Nu este doar o chestiune de a te menține pe suprafața planetei sau de a menține Pământul pe traiectoria sa în jurul Soarelui. Gravitația a fost cea care a format Soarele și planetele în primul rând. Acum aproximativ 4,5 miliarde de ani, ceea ce fusese un nor de praf și gaze fusese atras împreună suficient de mult pentru ca Soarele și planetele să se formeze, totul sub influența gravitației. Această forță omniprezentă a pus, de asemenea, Soarele în acțiune, producând căldura și presiunea care sunt componente esențiale ale fuziunii nucleare care produce toată căldura și lumina noastră. Există, de asemenea, beneficii mai subtile pe care le obținem de la gravitație. Astronauții care petrec prea mult timp în spațiu constată că mușchii lor se atrofiază și că oasele lor devin din ce în ce mai slabe. Este foarte posibil să nu putem trăi întreaga viață fără gravitație. Pe lângă orice altceva, este mai greu să respiri fără acea forță constantă în jos - ficatul plutește în sus, zdrobind plămânii, iar diafragma se deplasează, reducând capacitatea pulmonară. Un bebeluș născut în spațiu ar putea să nu supraviețuiască din cauza acestui lucru. Cu siguranță, alte ființe vii se luptă în greutate zero. Se știe de mult timp (Darwin a observat-o) că plantele depind de gravitație pentru a ști unde să-și trimită rădăcinile. În spațiu, rădăcinile își pierd orice simț de direcție și se întind peste tot. Ouăle de păsări au probleme și mai mari. Într-un experiment pe Stația Spațială Internațională (în mod bizar sponsorizat de KFC) s-a descoperit că gălbenușurile care nu sunt ținute lângă coajă de gravitație nu se dezvoltă corect, astfel încât păsările nu eclozează.

Forța electricității și a magnetismului

Cu toate acestea, în ciuda faptului că este vizibilă și importantă pentru univers și pentru viața umană, gravitația este de departe cea mai slabă dintre cele patru forțe. Acest lucru devine evident atunci când o compari cu cealaltă forță „obișnuită” care are un impact foarte evident asupra corpului tău, electromagnetismul. După cum sugerează și numele, forța electromagnetică este responsabilă pentru electricitate și magnetism. Dar asta nu o limitează la uscătoare de păr și magneți de frigider. Electromagnetismul este în centrul mecanicii de zi cu zi a lumii.

Ori de câte ori două obiecte interacționează fizic - de exemplu, când împingeți, atingeți, ridicați sau stați pe un obiect - electromagnetismul este forța care leagă cele două obiecte. Atunci când apăsați un buton, ați putea crede că degetul dumneavoastră atinge plasticul. Dar, de fapt, electronii atomilor din vârful degetului tău resping electronii din atomii butonului. Nu există niciun contact. Această respingere electromagnetică este cea care transferă apăsarea dvs. pe buton.

În mod similar, în parc, electromagnetismul este responsabil pentru orice contact între tine și cărucior sau între cărucior și pistă. Desigur, există și gravitația la mijloc. Și, datorită principiului echivalenței, știm de ce aveai senzația că ești mult mai greu când treceai printr-o curbă, împins puternic de partea laterală a mașinii. Dar electromagnetismul este întotdeauna prezent, acționând între tine și fiecare obiect cu care intri în contact. Electromagnetismul este peste tot.

Experiment - Gravitația este slabă

Luați un magnet de frigider și țineți-l la înălțimea taliei, departe de orice obiect metalic, apoi lăsați-l să cadă. Nu este nicio surpriză că acesta cade la pământ. Țineți-l acum la aceeași înălțime, dar foarte aproape de un frigider sau alt obiect metalic. Aruncați-l. Se lipește de frigider. În ciuda faptului că întreg Pământul trage în jos cu gravitația, atracția magnetică a micului obiect față de metal este suficientă pentru a-l ține în picioare.

Dacă ați efectuat acel experiment, v-ați putea întreba care a fost rostul primei părți - desigur, magnetul avea să cadă pe pământ. Dar aici știința diferă de viața obișnuită. Nu poți presupune ce se va întâmpla. Bunul simț ne dezamăgește adesea când vine vorba de știință. Cel mai bine este întotdeauna să testezi lucrurile pentru a face o comparație semnificativă. Acel exemplu a folosit magnetismul, dar ați putea folosi și electricitatea într-un mod similar, de exemplu, ridicând bucăți

mici de hârtie cu un pieptene pe care l-ați frecat pe păr pentru a-i da o sarcină electrică. Electricitatea și magnetismul fac parte din aceeași forță, o forță care este vast mai puternică decât gravitația. Vorbim de aproximativ 10^{40} de ori mai puternică - 1 cu 40 de zerouri după el. Singurul motiv pentru care gravitația este atât de importantă este că atomii și moleculele, în cea mai mare parte, nu au o sarcină generală (sarcina de pe subcomponentele atomilor intră în joc atunci când obiectele se ating), ceea ce le lasă neutre la electromagnetism, dar încă afectate de gravitație.

În ritmul curentului

În viața de zi cu zi, abia puteți evita un aspect al electromagnetismului - electricitatea. Electricitatea joacă un rol fundamental în menținerea funcționării corpului dumneavoastră. Creierul și sistemul nervos, de exemplu, folosesc impulsuri electrice ca parte a mecanismului de comunicare care controlează acțiunile corpului dumneavoastră. Bătăile regulate ale inimii dumneavoastră sunt activate de un impuls electric. Majoritatea lecțiilor pe care le primim despre electricitate la școală implică joaca cu baterii, lumini și circuite, dar puteți face acest lucru pe placul inimii dumneavoastră și nu veți înțelege niciodată cu adevărat ce este electricitatea. Într-un fel, acest lucru nu este surprinzător; electricitatea, ca aproape toate „funcțiile” științei fizice, operează la nivelul cuantic contra-intuitiv. Electricitatea este adesea descrisă folosind un model care pretinde că este ca un flux de apă, dar aceasta este o comparație foarte proastă. Dacă electricitatea ar circula prin fire ca apa printr-o țeavă, ar trebui să astupăm prizele electrice pentru a opri electricitatea să curgă afară. Chiar și așa, datorită utilizării victoriene a acestui model, avem o mulțime de termeni pe bază de fluid asociați cu electricitatea, cum ar fi „curent” și primul dispozitiv de comutare electronică, *valva* (acum înlocuită de comutatoare în stare solidă).

Curentul electric funcționează deoarece conductorii, cum ar fi metalele, au electroni liberi care plutesc, împărțiți între atomii din substanță. Să spunem că punem o sarcină pozitivă la capătul din dreapta al unei bucăți de metal - acești electroni încărcați negativ ar fi apoi atrași spre acesta. Dar există o problemă. Pe măsură ce toți electronii se aglomerează la capătul din dreapta, capătul din stânga devine lipsit de electroni. Lipsa de electroni înseamnă că capătul din stânga al metalului are acum o sarcină pozitivă, trăgând electronii înapoi. Dar alimentează electronii în capătul din stânga și acumularea de sarcină pozitivă este neutralizată. Deci, spre deosebire de apă, electricitatea va curge doar atunci când există un circuit complet, care leagă capetele. Este destul de nefericit faptul că oamenii care au conceput modelul curentului electric nu au știut de existența electronilor. Au luat o decizie total arbitrară cu privire la direcția în care va curge curentul și se întâmplă să fie opusă fluxului real, mișcării electronilor. Cealaltă problemă cu modelul apei este că sugerează că electronii se varsă pe un „tub” pentru a furniza curentul. Dar dacă asta ar fi tot ce s-ar întâmpla, am aștepta mult timp ca dispozitivele electrice să intre în funcțiune. O lampă electrică reacționează destul de instantaneu atunci când este pornit întrerupătorul. Cu toate acestea, dacă măsurați viteza electronilor pe un fir, aceștia se plimbă cu o viteză mai mică decât viteza de mers. (De fapt, ei se mișcă cu viteză mare, dar peste tot - majoritatea acestor mișcări se anulează reciproc, dar adună-le pe toate și vei obține o derivă treptată spre polul pozitiv.) Ceea ce vine de la baterie nu este doar o grămadă de electroni, ci un câmp electromagnetic - câmpul de influență al energiei electromagnetice - și care călătorește cu viteza luminii. Când porniți întrerupătorul, această undă invizibilă (un flux de fotoni) este cea care pune în mișcare electronii care sunt deja la bec - ei nu (din fericire) trebuie să călătorească pe toată lungimea cablului. De fapt, electromagnetismul este implicat în toate interacțiunile dintre lumină și materie. Deci, nu este doar modul în care atingem lucrurile sau folosim dispozitive electrice. Fără electromagnetism, nu am putea vedea nimic, nici energia de la Soare, traversând spațiul ca lumină, nu ar putea încălzi Pământul.

În nucleu

Pentru exhaustivitate, ar trebui să aruncăm o privire rapidă asupra celorlalte două forțe care acționează alături de gravitație și electromagnetism. Acestea sunt importante pentru existența ta și pentru funcționarea corpului tău, dar nu sunt atât de evidente. Cea mai puternică dintre cele două

forțe se numește în mod neimaginativ „*forța nucleară puternică*”. Aceasta întrece chiar și electromagnetismul. Acest lucru este la fel de bine, deoarece fără ea, toți atomii din corpul tău s-ar descompune în componentele lor individuale.

În nucleul unui atom, *forța tare* este cea care împiedică protonii încărcați pozitiv să se îndepărteze. Forța electromagnetică vrea ca ei să se îndepărteze cât mai mult posibil, dar forța tare învinge acest lucru, menținând nucleul într-un pachet strâns. Dacă nu ar fi *forța tare*, fiecare atom din corpul tău s-ar despărți. Dacă *forța tare* ar scădea doar cu inversul pătratului distanței, ca gravitația și electromagnetismul, am fi condamnați. Fiecare nucleu din univers ar fi atras ireversibil de toate celelalte. Dar *forța tare* scade în intensitate mult, mult mai repede. Până când ceva se află la aproximativ 10-15 metri distanță de un proton sau neutron, *forța tare* este practic zero. Acesta este motivul pentru care nu obții atomi cu adevărat enormi. Orice cu un nucleu mai mare decât uraniul are probleme să rămână împreună. Cu toate acestea, aceasta este doar jumătate din poveste. *Forța tare* care menține nucleul împreună este un fel de efect secundar; rezultatul forței care scapă din rolul său cel mai dramatic, care este de a menține quark-urile unde le este locul. Fiecare proton sau neutron este alcătuit din trei quark-uri separate, iar *forța tare* le împiedică pe acestea să scape. Spre deosebire de orice altă forță, în intervalul în care există quark-urile, *forța tare* nu slăbește pe măsură ce acestea se îndepărtează, ci devine mai puternică. În interiorul unui proton sau neutron, quark-urile se mișcă liber, dar dacă încearcă să se separe, forța devine intens puternică foarte repede. Este practic imposibil să rupi un proton sau neutron în părțile sale componente.

Forța de apropiere

Prin comparație, a patra forță este o ciudățenie. Aceasta, „*forța nucleară slabă*”, este de aproximativ un milion de ori mai slabă decât *forța tare* (depășită de electromagnetism, deși încă o bate pe gravitație). Nu este o simplă atracție sau respingere între particule - chiar și pe o rază mai scurtă decât *forța tare*, această interacțiune slabă necesită ca particulele să fie la o mică fracțiune din diametrul unui proton distanță una de cealaltă pentru a se exercita. *Forța slabă* acționează ca un comutator pentru quark-uri, schimbându-le dintr-o „aromă” în alta - rezultatul este că particulele nucleare își pot schimba tipul, ca atunci când un proton trece într-un neutron în reacțiile de fuziune nucleară dintr-o stea, sau în timpul proceselor de dezintegrare nucleară, cum ar fi dezintegrarea beta, care pompează electroni de înaltă energie din nucleu. Deci, chiar dacă *forța slabă* nu este exact esențială pentru călătoria ta cu *roller coaster*-ul pe fața lucrurilor, fără ea Soarele nu ar arde și nu ar exista viață pe Pământ. De fapt, nu ar exista Pământ - deoarece reacțiile nucleare din stele nu ar fi produs niciodată elementele mai grele. Cu toate aceste forțe la lucru asupra ta în timpul unei călătorii cu *roller coaster*-ul, nu este de mirare că, atunci când cobori, te poți simți puțin bătut și amețit. Dar te simți și mai tânăr? Cert este că, ca rezultat al acestei călătorii, ești acum o fracțiune de secundă mai tânăr decât ai fi altfel.

Călătorind prin timp

Să luăm un exemplu mai extrem. Imaginați-vă că v-ați oferit voluntar să faceți o călătorie într-o navă spațială, un design nou care ar putea zbura la 99% din viteza luminii. Aceasta nu este o viteză banală - 297.000 de kilometri pe secundă - dar aceasta este, până la urmă, un zbor imaginar. Zburați în spațiu pentru o călătorie dus-întors care durează aproximativ doi ani și nouă luni. Când vă întoarceți, aveți parte de un șoc. În timp ce ați fost plecat, douăzeci de ani au trecut pe Pământ. Toți prietenii și toată familia dumneavoastră vor fi cu douăzeci de ani mai în vârstă. Gândiți-vă ce s-a întâmplat în evenimentele mondiale în ultimii douăzeci de ani - imaginați-vă că ați ratat totul. De fapt, luând acea călătorie, ați călătorit în timp cu peste șaptesprezece ani în viitor. Atât călătoria spațială cu călătorie în timp, cât și reducerea minusculă a îmbătrânirii dumneavoastră pe *rollercoaster* se datorează uneia dintre cele mai revoluționare descoperiri științifice ale secolului XX: relativitatea specială a lui Einstein. Einstein a realizat că exista ceva special la lumină. Poate merge doar cu o anumită viteză - aproximativ 300.000 de kilometri pe secundă - într-un vid. Acest lucru se datorează faptului că lumina este o interacțiune specială între electricitate și magnetism.

Mișcați o sursă de electricitate și aceasta produce magnetism. Mișcați un magnet și acesta produce electricitate. Puneți un impuls electric să se miște cu viteza potrivită - viteza luminii - și electricitatea produce magnetism, care produce electricitate și așa mai departe. Un foton de lumină zboară constant refăcându-se. Dar acest proces se poate întâmpla doar la acea viteză exactă. Încetiniți-l cu orice și se oprește din funcționare. Orice altceva are o viteză care variază în funcție de modul în care te miști în raport cu acesta - de la coadă, acea cursă din parcul tematic ar putea trece cu 60 de mile pe oră, dar la bordul cursei, vagonul nu se mișcă în raport cu corpul tău (în afară de a se scutura). În schimb, este decorul care trece pe lângă tine - de obicei, toată mișcarea este relativă. Dacă două mașini se ciocnesc frontal, fiecare deplasându-se cu 60 de mile pe oră, impactul rezultat este de 120 de mile pe oră. Dar lumina este diferită. Nu contează cum te miști spre ea sau de la ea, ea merge întotdeauna cu aceeași viteză.

Lumina devine relativă

Când Einstein a pus viteza fixă a luminii în regulile simple de mișcare care existau din ziua lui Newton, ceva trebuia să cedeze. Lucrurile care fuseseră odată neschimbătoare - masa unui obiect sau ritmul în care curgea timpul - au trebuit să se schimbe. Pe măsură ce te miști din ce în ce mai repede, timpul încetinește, masa ta crește și lungimea ta scade în direcția în care te miști. Aceasta este relativitatea specială în acțiune. Ceea ce mai spune relativitatea specială este că, în mod normal, nu este posibil să te miști mai repede decât lumina. Timpul încetinește din ce în ce mai mult până când ajunge la o oprire la viteza luminii. Dacă ar fi posibil să mergi mai repede, ai putea călători înapoi în timp. În ciuda acestei limite aparente, există totuși modalități de a ocoli bariera vitezei luminii. Cea mai simplă modalitate de a face ca ceva să se miște mai repede decât lumina (deși nu o poți folosi ca mașină a timpului) se întâmplă chiar acum în fiecare reactor nuclear răcit cu apă din întreaga lume. Dacă ai putea vedea apa care înconjoară miezul reactorului, aceasta ar fi plină de o lumină albastră stranie. Această strălucire este produsă de electronii care călătoresc mai repede decât lumina.

După cum am văzut deja, lumina călătorește mai încet în apă decât în aer (și mai încet în aer decât în vid). Limita finală a vitezei, bariera dincolo de care timpul ar putea fi inversat, este viteza luminii în vid. Dar în apă lucrurile pot călători și călătoresc mai repede decât viteza luminii, care este de aproximativ 225 000 de kilometri pe secundă. Electronii pompați în reactorul nuclear (produși de forța nucleară slabă) călătoresc mai repede decât aceasta.

Pe măsură ce electronii trec pe lângă moleculele de apă, perturbă alți electroni, emițând energie luminoasă în ceea ce se numește radiație Cherenkov. Aceasta este uneori comparată cu bubuitura sonică pe care o face un avion atunci când se deplasează cu o viteză mai mare decât cea a sunetului - strălucirea albastră este o bubuitură optică produsă de electronii mai rapizi decât lumina.

Tunelarea prin timp

O altă modalitate de a se deplasa mai repede decât lumina este utilizarea tunelării cuantice pe care am întâlnit-o mai sus. Atunci când o particulă cuantică sare printr-o barieră, așa cum se întâmplă pentru a alimenta Soarele, aceasta nu călătorește prin spațiul intermediar. Nu îi ia timp să ajungă de pe o parte pe alta a barierei. Aceasta înseamnă că, în cazul în care călătorește de la A la B, inclusiv pe o secțiune care implică tuneluri, în ansamblu se va fi deplasat mai repede decât lumina.

Experiment - Mozart mai rapid decât lumina

Accesați www.universeinsideyou.com . Faceți clic pe *Experimente* și selectați *experimentul Mozart mai rapid decât lumina*. Faceți clic pe playerul de sunet din partea de jos a paginii pentru a reda un semnal care a fost trimis printr-o barieră de tunelare cu o viteză medie de 4,7 ori mai mare decât viteza luminii pe parcursul călătoriei sale. Se aude mult șuierat, dar semnalul se distinge clar.

În principiu, orice călătorește mai repede decât lumina, inclusiv un semnal trimis printr-o astfel de barieră, călătorește înapoi în timp. Dar cu cât particula trebuie să parcurgă un tunel mai lung, cu atât este mai puțin probabil să treacă. Fenomenul a fost observat doar pe distanțe atât de scurte încât, în momentul în care semnalul este citit, orice alunecare înapoi în timp este mai mult decât pierdută, așa că nu putem trimite rezultatele loteriei înapoi în timp în acest fel.

Construiește-ți propria mașină a timpului

Corpul tău călătorește constant înainte în timp ori de câte ori se mișcă în raport cu orice altceva. Uimitor, însă, în viitor am putea avea acces la mașini ale timpului care ar putea călători în trecut. Oricât de improbabilă ar părea călătoria în timp, nu există nicio lege fizică care să o împiedice. Călătoria în trecut este mai dificilă decât cea în viitor - cu siguranță mult peste tehnologia noastră actuală - dar nu este imposibilă din punct de vedere fizic. Un fizician teoretic vă va spune că este doar o problemă de inginerie. Tot ce aveți nevoie este să faceți o gaură de vierme - o ruptură în realitate care leagă două puncte în spațiu-timp - să o mențineți deschisă cu antigravitație și să zburați prin ea. Sau luați un șir de stele neutronice, formați-le într-un cilindru și rotiți-le aproape de viteza luminii. Zburați în jurul cilindrului și aveți un tunel al timpului în trecut. Acestea sunt fapte care sunt la milioane de ani în viitor față de tehnologia de astăzi, dar există o posibilitate care ar putea crea același efect ca și stelele neutronice care se rotesc. Procesul se bazează pe ceva numit antrenarea cadrului. Unul dintre detaliile minore ale relativității generale este că există o componentă mică a gravitației laterală față de direcția normală de tragere. Când corpul care provoacă atracția gravitațională se rotește, acea atracție laterală antrenează spațiul-timp cu el, trăgându-l ca o lingură trage melasa cu el atunci când întorci lingura într-un vas cu ea. Antrenați spațiul-timp suficient de repede și va produce un vortex spațiu-timp care face posibilă călătoria înapoi în timp. Un fizician american a propus construirea unui astfel de tunel al timpului din lasere, unde corpul rotitor este înlocuit de lumină în sine. Există unele probleme tehnice cu construcția acestui dispozitiv, dar la momentul scrierii, se caută finanțare pentru a-l transforma în realitate. Prima versiune ar permite doar ca particulele mici să cadă ușor înapoi în timp, dar, spre deosebire de tunelarea cuantică, dacă aceasta funcționează, ar putea fi extinsă la o scară mai mare și ar realiza călătorii reale înapoi în timp. Înainte ca cineva să planifice o călătorie pentru a întâlni un personaj preferat din istorie, această mașină a timpului are aceeași limită ca orice abordare bazată pe relativitate. Nu puteți călători niciodată mai înapoi în timp decât punctul în care mașina a fost creată pentru prima dată. Deci, nimeni nu ar putea-o folosi să vâneze dinozauri. Dar totuși ar produce paradoxuri ciudate.

Paradoxurile timpului

Cel mai faimos rezultat posibil al călătoriei înapoi în timp este că cineva ar putea merge înapoi în timp înainte de nașterea sa și ar putea ucide unul dintre părinți sau bunici. (Nu poți face asta, deoarece ai fost viu înainte de construirea unei mașini a timpului, dar cineva născut după construirea uneia ar putea.) Nu sunt sigur de ce cineva ar vrea să facă asta, dar s-ar încurca paradoxal dacă ar încerca, pentru că dacă și-ar ucide părintele, nu s-ar putea naște, deci nu și-ar putea ucide părintele. Unii oameni cred că astfel de paradoxuri dovedesc că călătoria înapoi în timp nu va fi niciodată posibilă. Dar s-ar putea ca efectul generării unui astfel de paradox fie să arunce călătorul în timp într-un univers alternativ, unde părintele său era încă în viață, fie să-l arunce înapoi în punctul în care a călătorit pentru prima dată în trecut, făcând acțiunea paradoxală să se anuleze. Iată o altă posibilitate ciudată: pune mâna pe o copie a unei cărți care a fost scrisă de la construirea mașinii timpului. Duceți acea carte înapoi în timp și dați-o autorului înainte ca acesta să scrie cartea. Acesta copiază textul și îl prezintă editorului său. Acum, cine a scris cartea? Nu a fost autorul - el sau ea doar a copiat-o din versiunea tipărită. Cartea a apărut din senin. Uimitor, dar posibil dacă călătoria în timp va deveni vreodată fezabilă.

Respirați mai ușor la parcul tematic

Înapoi la coada de așteptare din parcul tematic, dacă suferiți de astm, acesta ar putea fi un loc bun pentru sănătatea dumneavoastră. În cadrul unei cercetări neobișnuite desfășurate în Olanda, 25 de femei tinere cu astm sever (și 15 persoane de control care nu sufereau de astm) au fost trimise în plimbări repetate cu *montagne russe*. S-a descoperit că persoanele care sufereau de astm se simțeau mai puțin cu respirația întretăiată după plimbări, chiar dacă aveau o formă de astm în care mișcarea din *montagne russe* le reducea funcția pulmonară.

Concluzia a fost că stresul emoțional pozitiv (acel „Whoo-hoo!” pe care îl simți la sfârșitul unei plimbări cu *montagne russe*-ul) a redus percepția de lipsă de aer, în timp ce stresul negativ a agravat simptomele astmului. În afară de faptul că este un rezultat surprinzător, se pare că bolnavii de astm ar avea de câștigat dacă ar fi mai dornici de senzații tari decât sugerează imaginea lor tipică, ceea ce ne conduce destul de frumos la capitolul următor și la cea mai mare sursă zilnică de senzații tari și joase.

7. Doi câte doi

La orice vârstă, întâlnirea cu o persoană atrăgătoare de sex opus îi poate transforma pe mulți dintre noi în idioți. Nu pare să fie o problemă pentru alte animale. În afara căldurii de moment, ele își văd de viață, dar noi părem să ne pierdem capacitatea de a gândi sau de a ne controla corpul. Ce se întâmplă aici?

Ce vrei să spui prin atractiv?

Merită să înțelegem mai bine ce face ca altcineva să fie atrăgător înainte de a ne face prea multe griji cu privire la motivul pentru care interferează cu creierul nostru. Prin „atracție", mă refer în primul rând la aspectul fizic. Acest lucru poate părea foarte superficial, dar, într-un fel, este invers. Desigur, găsim o mulțime de alte lucruri interesante la potențialii parteneri - conversație, spirit, inteligență, personalitate - dar acestea se referă la a fi un bun companion. În ceea ce privește corpul dumneavoastră, din punct de vedere biologic, atracția se referă la capacitatea de a se reproduce bine. În esență, aceasta este atracția - toate celelalte lucruri bune sunt calitatea de companion.

Așadar, ce face ca cineva să fie atractiv? Există o serie de factori-cheie, printre care:

- **Tinerețea** - nu contează cât de tânăr sau bătrân ești, tinerețea unei alte persoane (cu condiția ca aceasta să fi ajuns la maturitate) înseamnă că are mai multe șanse de a se putea reproduce cu succes.
- **Sănătatea** - un atribut esențial atunci când ne gândim la „valoarea" biologică a unui potențial partener.
- **Simetria** - suntem atrași de alte persoane care au corpuri simetrice, în special fețe simetrice. Au fost realizate numeroase experimente care au scos în evidență acest lucru, în care au fost făcute mici modificări ale fotografiilor. Probabil pentru că asimetria este adesea legată de sănătatea precară.
- **Apropierea** - din motive destul de evidente, dacă scopul atracției este reproducerea, apreciem faptul de a fi apreciați reciproc, deoarece implică faptul că lucrurile ar trebui să progreseze fără agresiune.

Există un experiment interesant care subliniază contribuția aprecierii reciproce la atractivitate. Dacă arătați oamenilor fotografii cu fețe și modificați unele dintre fotografii pentru a mări pupilele ochilor, aceste fotografii vor părea vizibil mai atractive decât aceeași imagine cu pupile mai mici. Acest lucru se datorează faptului că pupilele se dilată atunci când găsiți pe cineva atractiv - este un răspuns involuntar. Deci, când vedeți imaginea altcuiva cu pupile dilatate, creierul vostru presupune că sunt interesați de voi și, prin urmare, vi se par mai atrăgători. Păsările o fac, albinele o fac... Fără îndoială, cel mai bizar experiment pentru a studia atractivitatea umană (și au existat o mulțime de experimente bizare) a implicat găini. Cercetătorii de la Universitatea din Stockholm au antrenat găini să selecteze fețe umane masculine sau feminine. S-a descoperit că aceste găini au prezentat apoi o preferință pentru fețele care ar fi considerate în general mai atractive de către oameni. Deși acesta a fost un experiment limitat și cu siguranță nu definitiv, pare să sugereze că aceleași calități de bază ale atractivității sunt recunoscute chiar și de observatori non-umani. Atracția este, desigur, destul de diferită de îndrăgostire - dar și acest proces a fost supus testării științifice. Mulți oameni trec printr-o perioadă de comportament neobișnuit atunci când se îndrăgostesc pentru prima dată, iar testele asupra proteinei care transportă neurotransmițătorul *serotonină* la creier au arătat că persoanele care s-au îndrăgostit recent au un model neobișnuit în mod constant în locurile care acceptă neurotransmițătorul, implicând faptul că chimia creierului este modificată într-un mod similar cu cel al persoanelor care suferă de tulburare obsesiv-compulsivă (TOC). Deși atracția și actul de legătură ca o pereche au o mulțime de implicații, imperativul biologic care stă la baza lor este de a se reproduce. Avem tendința în societatea modernă de a lăsa asta deoparte, pentru că este ceva despre care nu avem de ales și nu ne place ideea că corpurile

noastre ne ignoră creierele. Dar nu poate exista nicio îndoială că comportamentul vostru este puternic influențat de cerințele naturale paralele de a vă îmbunătăți șansele de supraviețuire și de a transmite materialul genetic prin reproducere. Uneori, veți vedea asta prezentat într-un extrem bizar care consideră genele ca fiind responsabile, scopul lor fiind de a se asigura că sunt transmise, de unde și ideea de „gena egoistă”. Dar acesta este echivalentul biologilor cu modul în care fizicienii tind să ignore frecarea atunci când se gândesc la corpuri în mișcare sau simplifică formele complexe ca sfere. Nu oferă o imagine completă a comportamentului și împlinirii umane, deși, de asemenea, ar fi limitat să sugereze că impulsul sexual, determinat de nevoia de a se reproduce, nu stă la baza unei mari părți din comportamentul nostru. Avem un instinct natural puternic de a crea viață nouă.

Nu poți face o omletă fără să spargi ouă

În cazul vostru, la fel ca o găină, viața a început cu un ou. Nu un lucru grosolan într-o coajă, depus într-un cuib, ci un ou totuși. Dar există o diferență semnificativă între un ou uman și un ou de găină care are un efect surprinzător asupra vârstei voastre. Ouăle umane sunt mici. Sunt, la urma urmei, doar o singură celulă și au de obicei în jur de 0,2 milimetri. Asta nu e prea diferit de dimensiunea unui punct de oprire tipărit. Oul din care proveniți s-a format în mama voastră, dar lucrul surprinzător este că s-a format când ea era un embrion. Formarea acelui ou și, prin urmare, jumătatea din ADN-ul vostru care a provenit de la mama voastră, ar putea fi considerată poate ca primul moment al existenței voastre. Și s-a întâmplat nu de durata vieții voastre, ci de suma vârstei voastre și a mamei voastre când v-ați născut. Să spunem că mama ta avea 30 de ani când te-a născut, atunci la a 18-a aniversare ai putea spune că aveai 48 de ani.

Făcând-o în stil preistoric

Totuși, aceasta este o idee destul de abstractă despre începutul tău. Tendința noastră este să considerăm că adevăratul nostru început este momentul în care am apărut ca entități separate și vii, la naștere. Dacă, la fel ca mine, ai peste 50 de ani, sunt șanse mari să te fi născut în jurul orei 2 dimineața. (Eu am fost.) În zilele noastre, multe nașteri sunt suficient de controlate încât acest lucru este mai puțin probabil să se întâmple, dar pare să existe o tendință naturală ca nașterile să aibă loc în cea mai liniștită parte a nopții. Într-un studiu realizat pe cimpanzeii din grădini zoologice, aproximativ 90% s-au născut în mijlocul nopții, la scurt timp după miezul nopții.

Se pare că am moștenit tendința de a naște în aceste momente „inconvenabile”, deoarece acestea sunt cele mai sigure pentru nașterea unui animal care ar putea fi pradă. Până la dezvoltarea tehnologiei, oamenii erau mai mult pradă decât prădători. La momentul nașterii, atât bebelușul, cât și mama sunt deosebit de lipsiți de apărare, așa că beneficiază de prezența tuturor celorlalți, în loc să fie plecați să adune hrană, așa cum ar fi fost într-o societate de vânători-culegători în timpul zilei.

Acesta este unul dintre numeroasele exemple de comportamente și reacții pe care le avem și care sunt mai potrivite pentru perioada în care a apărut omul decât pentru prezent. Nu am evoluat semnificativ în 100.000 de ani și, din punct de vedere biologic – inclusiv în ceea ce privește modul în care funcționează creierul nostru, așa cum vom vedea în capitolul următor – am evoluat pentru a face față tipului de lume care exista atunci, nu lumii în care trăim acum. Încă ne este mai frică de șerpi decât de mașini, chiar dacă 1,25 milioane de oameni mor anual în accidente rutiere, față de doar câteva zeci de mii din cauza mușcăturilor de șarpe (și un procent mic dintre aceștia în Europa sau SUA).

În schimb, marile schimbări care au avut loc la oameni de când a evoluat *Homo sapiens* au provenit, în general, din creierul nostru și din modul în care am dezvoltat tehnologia. Probabil cea mai mare transformare timpurie a fost trecerea noastră de la animale de pradă la prădători supremi. Aproape toată tehnologia noastră timpurie – folosirea unei bucăți de piatră în pumn, de exemplu – a avut ca scop această schimbare de rol.

Tehnologia din epoca de piatră în parc

Probabil că ceea ce te diferențiază pe tine și corpul tău de toate celelalte animale de pe planetă este utilizarea tehnologiei în sensul cel mai larg al cuvântului. Am putea să ne entuziasmăm în legătură cu Stonehenge ca fiind apogeul sofisticat al tehnologiei antice, dar dacă te plimbi prin orice parc, este probabil să întâlnești o tehnologie mult mai veche, care este încă utilizată astăzi și care a contribuit în mare măsură la succesul nostru de a trece de la statutul de pradă la cel de prădător: câinele.

Acest lucru poate părea puțin bizar. Cum poate un câine să fie o piesă de tehnologie? Este o creatură vie. Cu toate acestea, câinii au două diferențe distincte față de lupi, animalele sălbatice din care au fost crescuți, care îi fac să fie mai degrabă produsul unei creații decât un produs al naturii. În primul rând, câinii au funcții - ei nu doar coexistă cu oamenii, ci desfășoară activități în numele nostru. În al doilea rând, câinii au fost primul exemplu de animale cu modificări genetice deliberate, crescute cu un scop anume.

Un câine poate alerga mai repede decât un om. Are un simț al mirosului mult mai eficient. Fălcile sale sunt mai puternice, iar colții mai mari și mai periculoși decât dinții relativ slabi ai omului. Dacă luăm în considerare un câine de vânătoare și de pază – cele două roluri inițiale ale „celui mai bun prieten al omului” care ne-au ajutat să devenim prădători eficienți – acesta constituie o armă formidabilă care poate funcționa când noi nu suntem la vedere și reprezintă o a doua sursă de pericol confuză pentru orice atacator.

Datorită loialității lor față de haită, câinii au devenit rapid mai mult decât simple instrumente, dezvoltând o relație strânsă și complexă cu stăpânii lor. Complexitatea acestei relații poate fi observată în modul în care atitudinea față de câini s-a schimbat în timp și în diferite culturi. Deși practic toate civilizațiile au folosit câinii, au existat opinii foarte diferite cu privire la natura lor. În culturile din Orientul Mijlociu, câinii sunt adesea considerați gunoieri murdari, iar multe dintre invectivele noastre care implică câinii, inspirate din limbajul biblic, îi etichetează în continuare ca fiind murdari, leneși, lacomi și nerușinați.

Acest lucru nu a împiedicat utilizarea pe scară largă a câinilor, iar spre sfârșitul Evului Mediu, a început să se contureze o distincție clară între câinii „nobili” crescuți de aristocrație și lăsați liberi în casă și câinii de lucru, tratați cu aceeași indiferență ca orice alte animale din acea perioadă. Distincția dintre animalele de companie și câinii de lucru se menține într-o oarecare măsură și în prezent, deși nu se mai reflectă într-o separare a raselor, deoarece practic orice tip de câine este acum ținut ca animal de companie.

Istoric, rasele erau selectate pe baza trăsăturilor care le făceau potrivite pentru un anumit rol. *Mastiffii* grei ca câini de pază și câini de vânătoare; *retrieverii* inteligenți și blânzi pentru a căuta și a aduce înapoi prada căzută; *terrierii* nervoși pentru a coborî în vizuinile vulpilor sau pentru a vâna șobolani; câinii de vânătoare sensibili pentru a urmări mirosul - ca orice tehnologie flexibilă, câinele a fost dezvoltat în multe modele diferite pentru a se adapta nevoilor variate.

Unele dintre aceste utilizări sunt încă valabile și astăzi. Deși majoritatea câinilor sunt acum animale de companie, câinii de lucru încă extind capacitățile umane, unii în moduri care nu ar fi putut fi visate când câinii au fost crescuți pentru prima dată. După vânătoare și protecție, câinii au ajuns să fie folosiți pentru a trage căruțe mici și sănii, pentru a întoarce frigăruile în șemineu și pentru a urmări criminalii. La fermă, câinele a devenit indispensabil ca asistent răbdător în adunarea oilor. Rasele de câini de vânătoare s-au diversificat - nu mai erau doar asistenți la vânătoare, ci s-au împărțit în câini de vânătoare, de pază și recuperatori.

Câinele ca proteză

Cel mai remarcabil dintre toate este rolul pe care câinii l-au îndeplinit ca extensii ale corpului uman, fiind ajutoare pentru orbii, surzii și persoanele cu dizabilități. Există dovezi că câinii erau folosiți pentru a ajuta persoanele nevăzătoare încă din timpuri străvechi. Când orașul italian Herculaneum - îngropat sub cenușa vulcanului Vezuviu în urma erupției din 79 d.Hr. - a fost

excavat, una dintre picturile murale descoperite înfățișa o persoană oarbă condusă de un câine, iar o placă medievală din lemn arată, de asemenea, un orb asistat de un câine.

Conceptul a fost menționat în treacăt în câteva cărți din secolul al XIX-lea, dar se pare că nimeni nu l-a luat în serios până la Primul Război Mondial. Prima încercare organizată de dresare a câinilor ghizi a avut loc în Germania, în 1916, când aceștia erau destinați să ghideze soldații care își pierduseră vederea în luptă. Ideea s-a răspândit în America în 1927, când o americancă care lucra ca dresor de câini în Elveția, doamna Dorothy Eustis, a aflat despre activitatea germană și a scris un articol care a fost preluat de primul proprietar american al unui „câine ghid", Morris Frank, și de câinele său Buddy.

De atunci, mii de oameni au putut să-și recâștige o viață activă datorită câinilor ghizi. Recent, am văzut un câine ghid conducându-și stăpânul de la tren până la ieșirea din gara Paddington din Londra. În ciuda mulțimii agitate, a barierelor de bilete, a unui semn de avertizare „podea udă" și a unei întregi serii de pericole care păreau să fi fost puse în cale în mod deliberat pentru a îngreuna traversarea gării, în ciuda zgomotului, a mirosurilor de la Burger King și Krispy Kreme și a prezenței în apropiere a trenurilor uriașe și zgomotoase, câinele a reușit să-și conducă proprietarul orb cu viteză normală prin gară și în călătoria sa.

Mai recent, câinilor ghizi li s-au alăturat și alte tipuri de câini de asistență. Câinii pentru surzi îi avertizează pe proprietarii lor surzi cu privire la semnalele sonore pe care o persoană auzitoare le-ar percepe și la care ar reacționa – poate fi sunetul soneriei de la ușă sau sunetul unui vehicul care dă cu spatele în apropiere. Deși un câine pentru surzi nu are nevoie de aceeași precizie ca un câine ghid, el trebuie să facă distincții sofisticate în amestecul de sunete care caracterizează viața modernă.

A treia categorie de câini de asistență este cea a câinilor de serviciu, dresați să ajute persoanele cu dizabilități fizice care le îngreunează deplasarea sau manipularea obiectelor. Este destul de remarcabil să vezi unul dintre acești câini operând un bancomat în numele proprietarului său.

Inginerie genetică în mod natural

Desigur, producția acestei remarcabile tehnologii menite să ajute capacitățile corpului uman nu a început cu intenția de a crea un ajutor atât de flexibil. Este foarte probabil ca totul să fi început din întâmplare. Deși lupii nu merită toată publicitatea negativă pe care o primesc – de exemplu, rareori atacă ființele umane –, ei ar fi fost niște necrofagi enervanți pe care oamenii primitivi trebuiau să-i alunge cu efort, pentru a-i împiedica să fure rămășițele animalelor vânate.

Este ușor de imaginat acei primi pași timizi departe de rolul lupului ca dușman. Poate că era o iarnă rece și un lup s-a furișat lângă foc pentru a se încălzi. Poate că, în timp ce se afla acolo, un alt prădător a atacat tabăra – lupul, animal de turmă, a sărit în apărarea oamenilor, luptând alături de ei. A fost răsplătit cu un cadou de carne. Selecția naturală duce lucrurile mai departe de aici. De-a lungul anilor, puii de lup mai docili, care se integrează mai ușor în haita umană, sunt cei care rămân în preajmă și sunt hrăniți și încurajați. În decursul a zeci sau sute de ani, apare câinele.

Vă amintiți experimentul lui Dmitri Belyaev menționat în capitolul 2? În doar 40 de ani, el a transformat vulpile argintii sălbatice în creaturi domesticite, asemănătoare câinilor – procesul nu trebuie să dureze neapărat mult timp. Poate că la 100 de ani după acel prim contact timid, vânătorii din vechime nu mai aveau de-a face cu lupi sălbatici. Animalele care stăteau în jurul taberei lor se schimbaseră în comportament și aspect: urechile lor, odată ridicate, se lăsaseră în jos, blana lor era mai variată ca culoare și acceptau oamenii ca parte a haitei lor. Câinele fusese creat.

Aceasta a fost inginerie genetică, la fel ca orice cultură modificată genetic. Prin selectarea anumitor trăsături, oamenii au modificat natura multor animale și plante pentru a se potrivi mai bine cerințelor lor. Acest lucru este evident în special în cazul a două plante, *conopida* și *porumbul* dulce (*maize*). Conopida este o varză mutantă – floarea ei a fost transformată într-o structură albă, dură și denivelată, partea pe care o mâncăm acum. Fără o floare funcțională, nu se poate reproduce fără ajutor. În mod similar, porumbul dulce a fost selectat de-a lungul anilor pentru a avea coji de

semințe din ce în ce mai mari. Acum este incapabil să se autoînsămânțeze și nu va crește fără ajutorul omului.

La fel cum aceste plante nu mai sunt viabile în sălbăticie, nici câinele nu este un animal natural. Este o tehnologie creată de om, la fel ca o masă care a început ca o bucată de lemn natural. Fără îndoială, câinele este una dintre cele mai impresionante tehnologii timpurii pe care le-am folosit pentru a ne îmbunătăți viața. Uitați de Stonehenge, în comparație cu el este doar o jucărie. Bine, oferă unor oameni informații astronomice și este frumos, dar nu a mai fost folosit de mii de ani. Câinele este o tehnologie din epoca de piatră, dezvoltată cu 35.000 de ani înainte de Stonehenge pentru a le permite strămoșilor noștri să depășească limitele corpului uman, și încă este puternic.

Puternicul 23

După cum am văzut, toate ființele vii, de la câini, la tine, până la ceea ce ai mâncat la micul dejun, sunt construite în conformitate cu „programul de control” din ADN-ul lor. Este timpul să analizăm mai îndeaproape acest set remarcabil de substanțe chimice și rolul lor în organismul tău. Am auzit deja că fiecare ființă umană (cu excepția unei minorități de persoane care suferă de tulburări genetice) are 23 de perechi de cromozomi, fiecare conținând o singură moleculă de ADN. Acestea vin în perechi potrivite în fiecare dintre celulele tale (cu excepția numărului 23, unde lucrurile devin mai complexe).

Această pereche de cromozomi reflectă originea ta din doi părinți, un cromozom din fiecare pereche provenind de la mamă și unul de la tată. Acest lucru poate părea inutil, dar noua versiune a fiecărui cromozom care provine de la tine în embrion va fi alcătuită dintr-un amestec de fragmente din propriile tale perechi de cromozomi, asigurând diversitatea genetică în modul în care rasa umană continuă să existe.

Deși fiecare pereche de cromozomi conține aceleași gene (cu excepția numărului 23, despre care vom vorbi în continuare), ai nevoie de un set de la fiecare dintre părinții tăi. Dacă ovulele sunt formate din două seturi de cromozomi de la un bărbat sau două de la o femeie, celulele nu se dezvoltă corespunzător. Acest lucru demonstrează importanța epigeneticii, știința care depășește informațiile din gene. Factorii externi care influențează modul în care funcționează genele diferă în versiunile de la mamă și tată, iar aceste diferențe sunt esențiale pentru o dezvoltare sănătoasă.

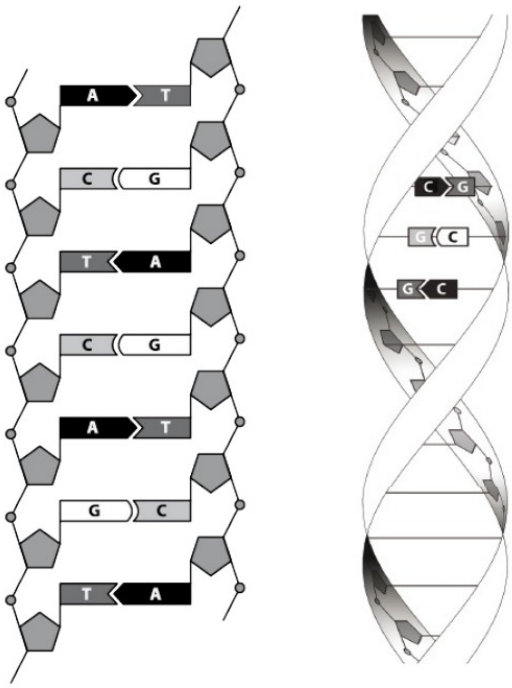
Cromozomul numărul 23 este cel mai ciudat, deoarece aici are loc marea diferență între bărbați și femei. Dacă ești femeie, perechea ta de cromozomi 23 are aceeași structură (fiecare fiind un așa-numit cromozom X), dar cititorii de sex masculin vor avea un cromozom X de la mama lor, în timp ce cealaltă jumătate a perechii va fi un cromozom Y mult mai mic de la tatăl lor.

Fiecare cromozom conține o moleculă ADN foarte lungă, iar structura pe care am descoperit-o în capitolul 3 este atât de importantă. Extins, ADN-ul este un pic ca o scară în spirală, fiecare treaptă a scării având una dintre cele patru baze posibile - citozină, guanină, adenină și timină - pe o parte, și o bază corespunzătoare pe cealaltă. Genele dumneavoastră, aceste componente ale vieții despre care se vorbește atât de mult, nu sunt entități separate; ele sunt doar segmente ale moleculei ADN.

O genă este o colecție de triple „trepte” ale scării ADN, deci va consta din diverse „cuvinte” de trei litere în codul ADN (folosim literele inițiale ale celor patru baze pentru a le identifica). Un cuvânt, de exemplu, ar putea fi CGG (citozină, guanină, guanină). Aceste combinații de litere se află la baza modului în care funcționează genele. Fiecare combinație triplă a celor patru litere posibile identifică un anumit tip de substanță chimică numită aminoacid sau este un cod de control care instruiește mecanismul de citire a ADN-ului să se oprească. Astfel, codul CGG, de exemplu, indică aminoacidul *arginină*.

Gena completă utilizează o serie de cuvinte din aceste trei litere pentru a specifica modul în care se construiește o proteină, substanțele chimice ale organismului. Există undeva între 20 000 și 25 000 de gene - nu prea multe, de fapt, pentru a specifica totul despre modul în care funcționează o ființă umană, așa că este la fel de bine că acesta nu este un rol care este lăsat doar genelor. La un moment dat, dacă citeați o carte de biologie, ați fi crezut că genele sunt tot ceea ce este necesar, dar

începând cu anii 1980 s-a realizat că modul în care corpul dumneavoastră este construit este mult mai complicat decât atât.



Un segment de spirală ADN cu un pop-out care arată CGG care codifică arginina

Dincolo de gene

Secretul rezidă în două concepte care se încadrează în domeniul „epigeneticii” – studiul instrucţiunilor codificate în afara genelor. Unul dintre aceste concepte este că genele nu funcţionează întotdeauna, ci pot fi activate şi dezactivate. O modalitate obişnuită prin care se întâmplă acest lucru este *metilarea*. Aceasta implică lipirea unei colecţii suplimentare de molecule cunoscute sub numele de grup metil (doar un atom de carbon cu trei atomi de hidrogen ataşaţi) pe una dintre bazele care formează treptele scării spirale a ADN-ului. Aceste mici picături moleculare acţionează ca *markeri* pentru a controla modul în care o genă este utilizată - sau ignorată.

Celălalt lucru pe care trebuie să-l ştiţi pentru a înţelege mai bine cum s-a construit corpul vostru se află în acele molecule uriaşe de ADN. Când auzi că ai mult mai puţine gene decât, să zicem, o plantă de orez, sună un pic umilitor, iar genele au cu siguranţă un rol important în specificarea proteinelor pe care le produce corpul tău. Dar genele tale sunt doar o mică parte din ADN-ul tău; aproximativ trei la sută, mai precis. Celelalte 97% erau considerate iniţial gunoi - „ADN-ul junk”, rămas din etapele evolutive anterioare. Dar acest lucru nu putea fi mai greşit.

O mare parte din acel ADN „în plus” are funcţii foarte importante. O mare parte din el, în loc să specifice modul de construire a proteinelor, specifică modul de producere a ARN-ului. Acesta este un compus care este legat de ADN, dar are doar o singură catenă principală. ARN-ul este utilizat în procesul de construire a proteinelor din gene. De fapt, programul de control al genei produce un model de ARN în care este construită proteina – ARN-ul acţionează ca un fel de mesager.

Se credea că ARN-ul produs de ADN-ul „gunoi” era doar o povară istorică inutilă, dar se pare că acest ARN este valoros în sine. El furnizează multe dintre mecanismele de control pentru activarea şi dezactivarea genelor, precum şi alte roluri care pot fi la fel de importante ca modul în care sunt utilizate proteinele. Dintr-o dată, ceea ce era un program relativ mic în doar acele peste 20.000 de gene a devenit unul enorm, în care trebuie luat în considerare tot ADN-ul.

Mesajul aici este că este uşor să interpretezi prea mult genele. Epigenetica demonstrează că nu este vorba pur şi simplu de genele care furnizează un plan pentru fiinţele umane. Cu toate

acestea, stimulat de imaginea „genei egoiste” care guvernează ființele vii, un concept încurajat de celebra carte a lui Richard Dawkins cu același nume, este prea ușor să acorzi prea multă importanță genelor. Cartea lui Dawkins a fost scrisă înainte ca adevărata semnificație a epigeneticii să fie înțeleasă (el a adăugat ulterior un capitol despre acest subiect). Nu este vorba că genele și-au pierdut importanța, ci că acum realizăm că ele reprezintă o parte relativ mică din întregul program de control biologic.

Asemănări și diferențe

Se spune adesea că, din punct de vedere genetic, suntem foarte apropiați de cimpanzei. Și este adevărat că genele noastre sunt surprinzător de similare. Aproximativ o treime din proteinele produse de acestea sunt identice, iar majoritatea celorlalte diferă doar prin unul sau două coduri de perechi de baze - au câțiva aminoacizi diferiți, dar sunt practic identice. Cu toate acestea, există o variație mult mai mare în restul ADN-ului care nu codifică proteine.

O diferență majoră constă în modul în care modificăm moleculele de ARN produse de acele secțiuni de ADN care nu codifică proteine. Există diverse moduri în care aceste molecule pot fi modificate după ce sunt produse, un proces cunoscut sub numele de *editare*. Oamenii editează acest ARN necodificat mai mult decât orice altă specie, chiar și decât verișorii noștri maimuțele. Și acest proces are loc în creier mai mult decât în orice altă parte. Aceasta ar putea fi o explicație pentru motivul pentru care creierul nostru este atât de diferit din punct de vedere funcțional de cel al animalelor cu care suntem foarte strâns înrudiți din punct de vedere genetic.

Există o altă ciudățenie legată de aceste gene. Oamenii de știință de la Universitatea din Michigan din Ann Arbor au comparat 14.000 de gene corespunzătoare din genomul uman și cel al cimpanzeilor. Dintre acestea, 233 dintre genele cimpanzeilor s-au modificat ca urmare a selecției pozitive - în care selecția naturală pare să fi păstrat o modificare care aduce beneficii speciei - spre deosebire de doar 154 dintre genele umane. Cercetătorul principal a comentat: „Rezultatul răstoarnă opinia conform căreia, pentru a promova oamenii la poziția actuală de animale dominante pe planetă, trebuie să fi întâlnit o selecție pozitivă considerabilă”, în timp ce primatologul Victoria Homer a spus: „Presupunem că cimpanzeii s-au schimbat mai puțin decât noi, când de fapt nu este așa”.

Din exterior, este greu de înțeles cum biologii pot avea o viziune atât de limitată. Este clar că noi ne-am schimbat mult mai mult față de primul *Homo sapiens* decât s-au schimbat cimpanzeii față de primii cimpanzei. Punctul de vedere distorsionat al oamenilor de știință este, probabil, vina fizicianului Ernest Rutherford, omul care a descoperit structura atomului. Rutherford a spus odată: „Toată știința este fie fizică, fie colecționare de timbre”. Ce a vrut să spună era că fizica are intuiții explicative, în timp ce alte domenii ale științei, în special biologia, se ocupă aproape exclusiv de catalogarea a ceea ce există.

Exista un sâmbure de adevăr în această afirmație până când biologia a venit cu evoluția și genetica, care au transformat știința. Probabil de aceea biologii, iritați de comentarii precum cele ale lui Rutherford, acordă uneori prea multă importanță genelor. Numărul mare de gene nu oferă o imagine utilă asupra complexității unui animal sau a unei plante. Chiar și cea mai inteligentă plantă de orez, cu toate genele sale suplimentare în comparație cu un om, nu este probabil să scrie literatură de mare valoare, să facă descoperiri științifice sau să aibă planuri interesante pentru viitor. Epigenetica asigură că un număr mic de gene poate fi responsabil pentru o diferență fenomenală într-o creatură, creierul nostru mare fiind un exemplu excelent.

A folosi doar schimbările genetice pentru a sugera că cimpanzeii s-au schimbat mai mult decât oamenii este o concentrare perversă asupra unui aspect minor al totalității. Noi nu suntem doar genele noastre – datorită creierelor noastre remarcabile, multe dintre schimbările pe care le-am produs se datorează tehnologiei și modului în care interacționăm cu lumea din jurul nostru. A spune că în ultimii șase milioane de ani cimpanzeii s-au schimbat mai mult decât oamenii este ridicol.

În acest timp, cimpanzeii au continuat să trăiască ca de obicei – au continuat să facă ceea ce fac cimpanzeii, cu schimbări foarte minore. Nu au dezvoltat abilitatea de a zbura. Nu pot traversa deșerturi fără surse de apă timp de zile întregi și să supraviețuiască. Nu pot exista în spațiu (decât

dacă noi le oferim această posibilitate). Nu pot supraviețui bolilor care ar trebui să îi omoare și nu pot vedea ce se întâmplă în cealaltă parte a lumii. Evoluția noastră quasi-evolutivă prin capacitățile creierului nostru lasă cimpanzeii la punctul de plecare al evoluției.

Atacul clonelor

Una dintre cele mai greșit interpretate idei din genetică este cea a clonării. Potrivit Hollywoodului, dacă vrei o copie mai substanțială a corpului tău decât cea pe care o vezi în oglindă, ai nevoie de o clonă. Acesta este procesul de producere a unei alte creaturi cu ADN identic cu al unui singur individ din aceeași specie. Când ne gândim la clone, este ușor să ni le imaginăm ca fiind copii identice, dar acest lucru este departe de a fi corect. În ciuda faptului că clonarea umană nu este posibilă în prezent, avem o mulțime de exemple de clone umane crescute în același mediu, dar care diferă considerabil.

Această aparentă contradicție este posibilă deoarece clonele umane existente – cu siguranță ați întâlnit câteva – sunt naturale. Ele sunt gemeni identici. Chiar dacă au același ADN, deoarece sunt creați dintr-un singur ovul care se divide în două, gemenii identici sunt în mod clar indivizi unici până la vârsta adultă – adesea nici măcar nu mai arată identici.

Nu numai că gemenii identici prezintă diferențe subtile în mediul în care cresc – ei nu pot trăi exact aceeași viață –, dar vor fi cu adevărat diferiți din punct de vedere biologic. În primul rând, codul nostru genetic nu este fixat în totalitate la naștere. Fiecare dintre noi va acumula treptat modificări. De exemplu, atunci când o celulă se divide, lucru care se întâmplă tot timpul în corpul nostru, ADN-ul se duplică. În acest proces pot apărea erori, care duc la modificări foarte mici ale codului genetic. În acest sens, suntem cu toții mutanți.

Mai important, genele nu sunt active tot timpul. După cum am văzut, ele sunt activate și dezactivate în diferite momente ale vieții, controlate de substanțe chimice externe. Această latură epigenetică a dezvoltării tale poate face diferențe enorme, iar activarea și dezactivarea genelor este, fără îndoială, influențată de mediul înconjurător. Rezultatul acestor factori de influență asupra gemenilor este doi indivizi unici, nu clone care sunt copii identice.

Diferența dintre clone și copii a fost dovedită cu o oarecare ironie (cel puțin în ceea ce privește numele) când a fost produsă prima pisică clonată la Universitatea Texas A & M. A fost numită Copycat (Cc pe scurt), dar s-a dovedit a fi orice altceva decât o copie fidelă a părintelui său. Părintele său era *calico*, în timp ce Cc era *tabby* și albă. Acest lucru pare să fi fost un efect epigenetic, deoarece gazda în care a fost crescut Cc era, de asemenea, tigrată. Deci, nu are rost să vă clonați animalul de companie preferat pentru a-l păstra lângă voi. Clona va fi probabil un animal foarte diferit.

Bună, Dolly

Când oaia Dolly a fost clonată în 1996, părea că va fi doar o chestiune de timp până când cineva va clona un om. Etica acestei practici este discutabilă, dar este dificil să pui geniul înapoi în sticlă. Au existat chiar și câteva organizații care au susținut că au clonat deja o persoană, deși nu au prezentat niciodată dovezi în acest sens. Este foarte probabil ca acest lucru să nu se fi întâmplat niciodată, deoarece una dintre lecțiile învățate din cazul Dolly este că clonarea este o activitate dificilă.

Ceea ce se întâmplă de obicei în reproducerea umană (și a majorității celorlalte animale) este că jumătate din conținutul genetic al noii persoane provine de la un părinte și jumătate de la celălalt. Pentru a crea o clonă, este necesar să se introducă tot ADN-ul unui singur individ într-un ovul. În cazul lui Dolly, acest ADN provenea din *mamelul* unei oi moarte de mult timp (celula provenea dintr-o cultură menținută în viață în laborator), de aceea acest animal faimos a fost numit după cântăreața Dolly Parton, ale cărei mameloane sunt destul de vizibile. ADN-ul din acea celulă a fost injectat într-un ovul nefertilizat al unei alte oi, din care fusese mai întâi aspirat conținutul normal.

Ovulul a fost apoi supus unui mic impuls electric, în stilul lui Frankenstein, pentru a declanșa procesul. În cele din urmă, a fost implantat într-o mamă gazdă, unde a început să crească

în mod normal, rezultând naşterea lui Dolly, un miel care părea sănătos. (De remarcat, apropo, că clona trebuie să crească până la maturitate la fel ca orice alt pui – nu se poate clona un animal sau un om complet format peste noapte, aşa cum se arată în unele filme).

Pare un proces simplu şi, prin urmare, clonarea umană ar trebui să fie la un pas de realizare - dar, de fapt, nu este deloc simplu. În primul rând, cercetătorii care au creat-o pe Dolly au trebuit să aducă celulele în starea potrivită, deoarece acestea nu încep automat să se dividă şi să crească. Ei au descoperit că cele mai potrivite celule erau cele care începuseră deja să se dividă, dar care fuseseră apoi „oprite” prin eliminarea nutrienţilor - acestea erau cele mai uşor de repus în mişcare. Chiar şi aşa, majoritatea încercărilor au eşuat.

Din 276 de celule iniţiale, doar 29 s-au activat, iar dintre acestea doar una – Dolly – a supravieţuit. Şi chiar şi atunci lucrurile nu erau neapărat atât de pozitive pe cât păreau. Dolly a murit tânără, la aproximativ jumătate din vârsta unei oi obişnuite. Ian Wilmut, omul de ştiinţă din spatele Dolly, a sugerat că acest lucru s-a datorat unei infecţii relativ comune. Dar este la fel de posibil ca Dolly să fi murit de bătrâneţe în tinereţe.

Acest lucru se poate întâmpla atunci când există o problemă cu *telomerii*. Acestea sunt mici „etichete” la capetele cromozomilor, moleculele de ADN care conţin genele noastre. De fiecare dată când o moleculă de ADN se împarte pentru că o celulă se împarte, ea pierde una dintre aceste etichete, un mecanism de prevenire a creşterii galopante a celulelor. (Telomerii lui Dolly au început să fie identici cu cei ai părintelui ei în vârstă de şase ani, deci este posibil ca acest lucru să limiteze durata de viaţă a clonelor provenite din surse genetice mai vechi, unde unele dintre etichete vor fi fost deja pierdute pe măsură ce creatura originală creşte şi se repară.

Îmbătrânirea grațioasă

Îmbătrânirea rămâne un mister. Putem identifica unele dintre mecanismele care ne determină să îmbătrânim, multe dintre ele legate de trecutul nostru biologic, când oamenii încetau să mai aibă vreun rol util odată ce îşi creşteau copiii. Cu toate acestea, oricine se îndoieşte de beneficiile ştiinţei şi tehnologiei moderne poate reflecta asupra modului în care speranţa de viaţă este în creştere. În Marea Britanie medievală, speranţa de viaţă era de aproximativ 30 de ani. La începutul epocii moderne, în Marea Britanie şi SUA, era de aproximativ 50 de ani. De-a lungul secolului al XX-lea, aceasta a crescut până la aproximativ 80 de ani în prezent.

Totuşi, aceste cifre luate separat pot fi înşelătoare. Există diferenţa binecunoscută între bărbaţi şi femei, astfel încât, la momentul redactării acestui articol, speranţa de viaţă a femeilor este cu aproximativ cinci ani mai mare. Dar, de asemenea, nu ar trebui să presupunem că aceste statistici înseamnă că majoritatea oamenilor din Evul Mediu trăiau aproximativ 30 de ani şi apoi mureau. O mare parte din creşterea speranţei de viaţă de-a lungul secolelor a fost determinată de reducerea mortalităţii infantile - decesele copiilor foarte mici au scăzut considerabil cifra speranţei medii de viaţă. Dacă ajungeai la vârsta adultă, era probabil să depăşeşti cu mult această medie - dacă supravieţuiai până la 21 de ani în 1500, de exemplu, te puteai aştepta să trăieşti până la aproximativ 70 de ani. Înainte de medicina modernă, două treimi dintre copii mureau înainte de a împlini patru ani. Este o gândire care dă de gândit faptul că, până în secolul al XX-lea, majoritatea înmormântărilor erau pentru copii.

Clonele sunt în special predispuse la mortalitatea infantilă. Genele unei clone pot fi uşor deteriorate în procesul de fabricare a acestora. În momentul de faţă, producerea unei clone este ca şi cum un meşter ar încerca să repare un ceas cu un ciocan şi o daltă. Ocazional, va avea noroc, dar mai des procesul va deteriora sau va distruge originalul. Clonele artificiale au frecvent probleme genetice, mulţi embrioni nesupravieţuind, iar cei care supravieţuiesc suferă adesea de defecte grave. Riscul este mai mare la maimuţe decât la alte mamifere şi mai mare la maimuţe mari decât la maimuţe – este foarte posibil să nu fie niciodată posibil să se producă o clonă umană fără a crea mulţi copii deterioraţi ca un produs secundar. Riscurile sunt pur şi simplu prea mari pentru ca orice om de ştiinţă respectabil să încerce clonarea umană. Asta nu înseamnă, însă, că nu este posibil să se cloneze în siguranţă celule umane individuale, un proces care ar putea produce beneficii majore pentru sănătate. Una dintre cele mai mari probleme cu transplanturile, de exemplu, este că sistemul

imunitar uman, conceput pentru a proteja corpul împotriva invadatorilor, încearcă să distrugă celulele străine, chiar dacă acestea se află într-un implant salvator de viață. Dacă devine posibil să se construiască organe prin clonarea celulelor pacientului, nu va exista același risc de respingere. Am reușit doar să atingem suprafața atracției dintre ființele umane, a cauzelor sale și a geneticii subiacente care oferă impulsul inițial pentru acea atracție. Este ușor să ne gândim la atracția fizică ca fiind ceva care aparține doar corpului tău, un răspuns pur visceral. Dar asta este o greșeală. Ca și în restul vieții tale, impulsul vine de la cea mai distinctivă și, cu siguranță, cea mai complexă parte a corpului tău: creierul tău.

8. Gloria supremă

Pe măsură ce facem turul corpului dumneavoastră, experimentând minunile ştiinţei asociate, nu găsim multe lucruri care să fie unice fiinţelor umane. Nu există nimic din ceea ce am experimentat în corpul în sine care să nu poată fi găsit funcţionând în mod similar la alte animale. Ochii dumneavoastră, de exemplu, sunt buni, dar nu speciali. Fiecare capacitate deţinută de părţile corpului pe care le-am întâlnit până acum poate fi îmbunătăţită la o altă creatură. Dar există o parte din dumneavoastră care este specială. Creierul dumneavoastră.

Ce se întâmplă în capul dumneavoastră

Acea grămadă de carne cu aspect neapetisant din craniul dumneavoastră, cântărind în jur de 1,5 kilograme (trei livre), este diabolic de complexă. În interiorul său, există aproximativ 100 de miliarde de celule funcţionale cheie, *neuroni*, unii cu multe conexiuni cu alţii, ceea ce face ca numărul de conexiuni în orice moment să fie de aproximativ 1.000 de trilioane. Şi, având în vedere că reprezintă doar unul sau două procente din greutatea corpului dumneavoastră, creierul este o adevărată risipă de resurse - din cei 100 de waţi sau cam aşa ceva de energie pe care corpul dumneavoastră îi generează (echivalentul unui bec tradiţional), creierul absoarbe aproximativ douăzeci la sută. Uitaţi-vă la o imagine a creierului de sus şi acesta pare a fi o singură masă de materie, nu foarte diferită de o nucă roz enormă, dar, de fapt, este aproape în întregime împărţit în două, cu jumătăţile creierului unite la spate printr-un pachet de nervi numit *corpul calos*. Unele responsabilităţi sunt împărţite între cele două jumătăţi. Partea stângă este în mare parte responsabilă pentru partea dreaptă a corpului dumneavoastră, inclusiv vederea din ochiul drept, şi invers. Există o viziune tradiţională conform căreia partea stângă este cea care intră în acţiune atunci când sunteţi organizat şi structurat. Este în mare parte responsabilă pentru numere, cuvinte şi raţionalitate. Preferă lucrurile secvenţiate şi ordonate. Nu-i place nimic mai mult decât să adopte o abordare analitică, să lucreze pas cu pas într-un mod liniar. Partea dreaptă, în această concepţie a creierului, este mult mai sensibilă. Adoptă o vedere de ansamblu, o abordare holistică a lumii. Se ocupă de imagini şi artă, culoare şi muzică. Dacă trebuie să gândiţi spaţial sau să vă ocupaţi de estetică, este momentul să apelaţi la partea dreaptă. Cel puţin, aceasta este viziunea simplistă. Cu toate acestea, atunci când avem de-a face cu creierul, lucrurile sunt foarte rar simple. În practică, deşi o parte poate domina, ambele părţi sunt implicate într-o oarecare măsură în toate aceste tipuri de gândire. Ceea ce este cu siguranţă adevărat, totuşi, este că creierul are două moduri clare de funcţionare care corespund atributelor alocate în mod tradiţional celor două părţi ale sale (şi, prin urmare, etichetate stânga-gândire şi dreapta-creier). Acesta este motivul pentru care poate fi adesea o problemă reală să veniţi cu idei noi într-un mediu de afaceri tradiţional. Oamenii se vor aşeza pentru a avea o întâlnire plăcută, structurată, ordonată. Foarte logică şi analitică. În scurt timp, părţile drepte ale creierului lor s-au oprit, lăsând participanţii cu resurse limitate pentru creativitate, deoarece ideile noi depind de crearea de legături noi, iar idealul este să aveţi ambele părţi ale creierului în acţiune. Acesta este motivul pentru care ideile noi pot fi adesea inspirate de muzică, de o plimbare, de privirea imaginilor, de gândirea spaţială. Este o modalitate de a aduce partea dreaptă a creierului în joc.

Experiment - Simţiţi-vă creierul

Există o modalitate simplă de a experimenta cele două jumătăţi ale creierului dumneavoastră în acţiune. O tehnică numită efectul Stroop vă permite să experimentaţi pe propriul creier (fără a fi necesară o intervenţie chirurgicală) şi să simţiţi schimbarea dintre cele două părţi. Accesaţi www.universeinsideyou.com . Faceţi clic pe *Experimente* şi selectaţi experimentul *Simţindu-vă creierul*, apoi urmaţi instrucţiunile.

Efectul Stroop utilizează cuvinte şi culori, fiecare fiind responsabilitatea unei părţi diferite a creierului. Nu contează cât de mult ţi se cere să te concentrezi asupra culorilor, în acest experiment creierul tău vede cuvintele - de care se ocupă în principal partea stângă a creierului - şi lasă partea

dreaptă, care se ocupă de culori, să se oprească. Atunci când brusc trebuie să vă folosiți din nou de partea dreaptă, puteți simți practic cum creierul dvs. se mișcă în timp ce încearcă să recupereze.

Creierul nu a fost făcut pentru matematică

Am văzut deja, când am analizat vederea și auzul, că este ușor să-ți înșeli creierul. Creierul uman este absolut minunat la multe lucruri. Dar adesea se luptă cu sarcinile care au fost adăugate repertoriului nostru de când creierele au evoluat. Un bun exemplu de rol pentru care creierul tău pur și simplu nu a evoluat este aritmetica. Calculatorul tău de acasă ar fi fără speranță la multe lucruri pe care le faci ușor, dar dă-i o sarcină precum găsirea rădăcinii pătrate a lui 5.181.408.324 și va avea răspunsul înainte să te scarpini în cap. (Este 71.982, desigur.) Acesta nu este genul de lucru pentru care oamenii au evoluat - matematica nu vine natural. Nicăieri nu este acest lucru mai evident decât atunci când avem de-a face cu probabilitatea și statisticile. Probabilitatea este implicată în multe dintre activitățile noastre zilnice, iar statisticile sunt aruncate peste tot în știri și politică tot timpul, totuși creierele noastre, dezvoltate pentru a face față imaginilor și modelelor, au o problemă uriașă în a face față acestor manipulări ale numerelor și impactului șansei. Să luăm trei exemple în care natura cablajului creierului tău este astfel încât este confuz de aceste numere incredibil de utile.

Deschide ușa

În anii 1960, prezentatorul canadian Monty Hall era responsabil de un spectacol TV american numit *Let's Make a Deal*. Formatul spectacolului a dus la genul de problemă care este excelentă în a expune dificultățile noastre cu probabilitatea. Să ne imaginăm că ai trecut în etapa finală a unui spectacol TV precum *Let's Make a Deal*. Gazda te aduce la o parte a platoului unde sunt trei uși. În spatele a două dintre aceste uși este o capră (nu mă întreba de ce), în timp ce în spatele celei de-a treia uși este o mașină. Vrei să câștigi mașina, dar nu știi după care ușă este. Totuși, ți se cere să alegi o ușă, așa că o faci. Există o șansă din trei să fi ales mașina și o șansă din trei să fi ales o capră.

Gazda deschide acum una dintre ușile pe care nu le-ai ales și îți arată o capră. Îți oferă o alegere. Doriți să rămâneți cu ușa pe care ați ales-o prima dată sau să treceți la cealaltă ușă rămasă? Ce ai face? Contează, din punct de vedere al șansei de a câștiga mașina? Este mai bine să rămâi cu ușa pe care ai ales-o prima dată, mai bine să treci la cealaltă ușă nedeschisă sau nu contează pe care dintre cele două o alegi? Știm că, după ce o ușă este deschisă pentru a arăta o capră, au mai rămas două uși, una cu o mașină în spatele ei, una cu o capră în spatele ei. Deci, pare evident că există o șansă de 50:50 de a câștiga mașina indiferent de ușa pe care o alegi. Și totuși, acest lucru este greșit. De fapt, ai avea de două ori mai multe șanse să câștigi mașina dacă ai trece la cealaltă ușă decât dacă ai rămâne cu cea pe care ai ales-o prima dată. Dacă vi se pare ridicolă această afirmație, sunteți în companie bună. Scriitoarea Marilyn vos Savant a avut o rubrică în revista *Parade* în care răspundea la întrebările cititorilor. În 1990, i s-a prezentat această problemă și a venit cu răspunsul pe care l-am dat mai sus: este mai bine să schimbi, este de două ori mai bine decât să rămâi. A fost inundată de mii de plângeri care îi spuneau că greșește și că există o șansă egală de a câștiga cu oricare dintre ușile rămase. Unele dintre scrisori erau de la matematicieni și alți academicieni. Puteți demonstra cu ușurință că este mai bine să schimbați folosind o simulare pe calculator - chiar funcționează. Dar asta nu depășește frustrarea de a nu părea logic. Factorul important este că gazda emisiunii nu a deschis o ușă la întâmplare. Ea știa că exista o capră în spatele ușii pe care a deschis-o. Gândiți-vă înapoi la momentul în care ați ales prima dată o ușă. Era o șansă de 2/3 să fi ales o capră - o șansă de 2/3 ca mașina să fie în spatele uneia dintre celelalte uși. Tot ce a făcut gazda a fost să vă arate pe care dintre cele două uși să o alegeți - mai exista o șansă de 2/3 ca mașina să fie acolo. Deci, cu o singură alternativă, era mai bine să treceți la a treia ușă.

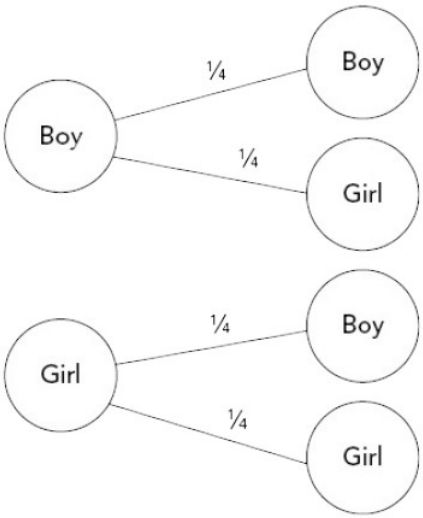
Problema celor doi băieți

În mod ciudat, o altă rubrică a lui Vos Savant a creat, de asemenea, un val de plângeri, și aceasta ca urmare a unei probleme de probabilitate care solicită creierul. Problema este destul de simplă: *am doi copii. Unul este un băiat născut într-o zi de marți. Care este probabilitatea ca eu să am doi băieți*? Dar pentru a înțelege această problemă trebuie mai întâi să facem un pas înapoi și să analizăm o problemă mai simplă. *Am doi copii. Unul este băiat. Care este probabilitatea ca eu să am doi băieți?*

O reacție imediată la această întrebare este să ne gândim "Unul este băiat - celălalt poate fi fie băiat, fie fată, deci există o șansă de 50:50 ca celălalt să fie băiat. Probabilitatea să existe doi băieți este de 50 la sută".

Din păcate, este greșit.

Puteți vedea de ce cu ajutorul acestei diagrame practice. Prima coloană reprezintă copilul mai mare. Poate fi băiat sau fată, probabilitatea este de 50:50. Apoi, în fiecare caz avem o șansă de 50:50 de a fi băiat sau fată pentru al doilea copil. Așadar, fiecare dintre combinații are o șansă din patru (sau 25 %) să apară.



Combinații potențiale de copii

Toate combinațiile, cu excepția fetiței, se potrivesc cu afirmația "Am doi copii. Unul este băiat". Așadar, avem trei posibilități la fel de probabile în care un copil este băiat, dintre care doar una este doi băieți. Așadar, există o șansă din trei să fie doi băieți.

Dacă acest lucru pare surprinzător, este pentru că afirmația „unul este băiat” nu ne spune la care dintre cei doi copii se referă. Dacă spunem „Cel mai mare este băiat”, atunci se aplică evaluarea noastră de „bun simț” a probabilității. Dacă cel mai mare este băiat, există doar două opțiuni cu probabilitate egală - al doilea copil este băiat sau al doilea copil este fată. Așadar, este 50:50.

Acum suntem pregătiți să trecem la versiunea completă a problemei. *Am doi copii. Unul este un băiat născut într-o zi de marți. Care este probabilitatea să am doi băieți?* Probabil că instinctul tău îți spune: "Informația suplimentară furnizată cu privire la ziua în care este născut nu poate face nicio diferență. Trebuie să fie în continuare o șansă din trei să fie doi băieți". Dar, surprinzător, probabilitatea este acum de 13 la 27 - destul de aproape de 50:50.

Pentru a explica acest lucru, poate că ar trebui să desenez o altă diagramă, dar nu mă deranjează - va trebui să o imaginați. În această diagramă există paisprezece copii în prima coloană. "Primul copil este un băiat născut duminică, primul copil este un băiat născut luni, primul copil este un băiat născut marți, primul copil este o fată născută duminică etc. până la primul copil este o fată născută sâmbătă.

Fiecare dintre acești paisprezece primii copii are paisprezece opțiuni pentru al doilea copil. Al doilea băiat născut într-o duminică ... și așa mai departe.

Asta înseamnă 196 de combinații în total, dar din fericire putem elimina majoritatea dintre ele. Suntem interesați doar de combinațiile în care unul dintre copii este un băiat născut într-o zi de marți. Astfel, combinațiile care ne interesează sunt cele paisprezece care pornesc de la „primul copil, băiat născut într-o zi de marți”, plus cele treisprezece care pornesc de la unul dintre ceilalți primii copii și sunt legate de „al doilea copil, băiat născut într-o zi de marți”. Aceasta înseamnă 27 de combinații în total. Câte dintre acestea implică doi băieți? Jumătate din primele paisprezece - câte una pentru un al doilea băiat născut în fiecare zi a săptămânii. Iar pentru restul de treisprezece, șase vor avea un băiat ca prim copil (deoarece nu includem „primul băiat născut într-o zi de marți”). Așadar, sunt 7 + 6 = 13, 13 combinații care ne oferă doi băieți. Așadar, șansa de a exista doi băieți este de 13 la 27.

Bunul simț chiar se revoltă la asta. Spunând pur și simplu pe ce zi a săptămânii s-a născut un băiat, creștem probabilitatea ca celălalt copil să fie băiat. Dar am fi putut spune orice zi a săptămânii, deci cum poate funcționa asta? Singura modalitate la care mă pot gândi pentru a descrie ce se întâmplă este să spun că, limitând băiatul pe care îl cunoaștem să se fi născut într-o anumită zi a săptămânii, eliminăm o mulțime de opțiuni. De fapt, aducem situația mai aproape de a fi „copilul cel mai mare este băiat” - adăugăm informații la imagine. Probabilitățile funcționează - puteți modela asta într-un computer dacă doriți - și numerele sunt corecte. Dar ce se întâmplă aici încurcă mintea. Nu vă place probabilitatea? (Ar trebui să spun, apropo, că asta nu este chiar realist. Presupune că există o șansă egală ca oricare copil să fie băiat sau fată și că există șanse egale ca copiii să se nască în fiecare zi a săptămânii. În realitate, niciuna dintre acestea nu este chiar adevărată, dar asta nu contează pentru scopurile exercițiului.)

Un test al înțelegerii tale

Ultimele două exemple apar în viața reală. La fel ca la emisiunea lui Monty Hall, de exemplu, o versiune a problemei cu caprele și mașina a fost folosită pe barjele de pe râul Mississippi de către șarlatani care i-au determinat pe clienți să parieze pe baza presupunerii de 50:50 și au făcut o avere. Dar al treilea exemplu despre cât de prost este creierul în a face față probabilității și statisticilor este unul care este mult mai important pentru viața reală, deoarece este unul care își face simțită prezența în modul în care înțelegem rezultatele testelor medicale - și este o dificultate pe care medicii o au la fel de mult ca și restul dintre noi. Să ne imaginăm că există un test pentru o anumită boală care dă răspunsul corect de 95 la sută din timp, deci este un test destul de bun. Să spunem că aproximativ una din 1.000 de persoane - ceea ce ar fi în jur de 61.000 de persoane în Marea Britanie - are această boală în orice moment. Și, în cele din urmă, un milion de oameni selectați aleatoriu fac testul, inclusiv dumneavoastră. Dacă vi se spune că testul a ieșit pozitiv, cât de probabil este să aveți boala?

Aceasta înseamnă că, din cele 50.450 de rezultate pozitive, 98 la sută vor fi false. Dacă obții un rezultat pozitiv, există doar o șansă de două procente să ai boala. Acest exemplu ar putea folosi cifre extreme, dar ori de câte ori aveți un test utilizat pe scară largă pentru o afecțiune relativ rară, șansele sunt ca majoritatea rezultatelor pozitive să fie false. Acest lucru poate fi atât stresant, cât și poate duce la teste ulterioare potențial periculoase, deci nu este un rezultat trivial. Încă o dată, modul în care sunt făcute creierele noastre pur și simplu nu se potrivesc bine cu înțelegerea probabilității. Dar ce înseamnă? Ori de câte ori creierul tău întâlnește probabilități și statistici, merită să faci un pas înapoi și să te asiguri că înțelegi ce se întâmplă. Și asigură-te, de asemenea, că și ceilalți oameni care folosesc statistici au înțeles corect. Este prea comun ca departamentele guvernamentale, ziarele și redacțiile de știri TV să facă aceleași greșeli cu probabilitatea și statisticile ca restul dintre noi. O modalitate bună de a testa statisticile este să explorați puțin mai mult - obțineți mai multe informații înainte de a crede numere înfricoșătoare. Puteți auzi, de exemplu, că infracțiunile violente din cartierul dvs. au crescut cu 100 la sută față de anul trecut. Sună că e timpul să te muți. Dar asigurați-vă că solicitați numere pentru a pune acest lucru în context - dacă creșterea este de la o crimă la două, este o creștere de 100 la sută, dar realitatea nu este la fel de îngrijorătoare pe cât sună statisticile. De asemenea, trebuie să fiți deosebit de atenți să vă mențineți creierul pe drumul cel bun atunci când trebuie să faceți față unor intrări senzoriale

multiple. Un exemplu excelent în acest sens a fost o cercetare efectuată la sfârşitul anilor 1990, unde oamenii au fost opriţi pe stradă şi rugaţi să dea indicaţii. În timp ce ajutau pe cineva cu o hartă, nişte muncitori au venit pe stradă, purtând o uşă. Muncitorii au trecut între subiectul testului şi persoana care cerea ajutor, care era unul dintre cercetători. În timp ce uşa a blocat vederea subiectului, persoana care cerea ajutor a schimbat locurile cu unul dintre purtătorii de uşi. Aproximativ 50% dintre subiecţi nu au observat niciodată că au terminat de dat indicaţii unei persoane total diferite. Erau prea concentraţi pe sarcină. Suntem mult mai puţin conştienţi de ceea ce se întâmplă în jurul nostru decât se presupune adesea într-o instanţă de judecată.

Trebuie să vă amintiţi asta

Memoria este la fel de îngrijorător de defectuoasă. Eşti, în multe feluri, amintirile tale; fără ele nu ai fi persoana care eşti. Cu toate acestea, un număr bun dintre acele amintiri pe care le preţuieşti sunt false. Unele sunt construite cu mult timp după evenimentul la care se referă. Nu este neobişnuit ca ceea ce pare a fi o amintire să fie derivată dintr-o fotografie sau un videoclip al unui eveniment. Altele sunt înclinate de opinia noastră - de exemplu, avem tendinţa de a ne aminti extremele, aşa că credem că o vară a fost mult mai caldă decât a fost cu adevărat din cauza unei zile caniculare. De asemenea, suntem mai înclinaţi să acordăm greutate experienţelor recente, astfel încât o săptămână ploioasă la sfârşitul unei luni cu vreme excelentă ne va face să ne plângem că nu am avut deloc o vară. O altă problemă cu amintirile este că se bazează pe capacitatea ta de a observa şi capta informaţii, dar, după cum am văzut, imaginea pe care creierul tău ţi-o arată este o construcţie foarte subiectivă. Acest lucru poate duce cu uşurinţă la a vedea lucruri care nu sunt acolo sau la a nu vedea lucruri care sunt, iar aceste greşeli sunt ulterior amintite ca fapte.

Cu ceva timp în urmă, cineva a spus că m-a văzut plimbând câinele în timp ce vorbeam la telefonul mobil - o observaţie destul de detaliată. Singura problemă era că, în acea zi, nu eram acasă şi nu-mi scosesem câinele la plimbare. Acesta este punctul în care întreaga problemă a observaţiei, percepţiei şi memoriei devine potenţial periculoasă. Imaginaţi-vă că persoana care a crezut că m-a văzut a asistat apoi la o crimă, comisă de persoana pe care a văzut-o. Ar fi fost fericit să se prezinte în faţa instanţei şi să jure că m-a văzut comiţând acea crimă, dar eu nu am fost acolo. Ori de câte ori un proces depinde exclusiv de probele martorilor, în special de probele care depind de memorie după ce a trecut o perioadă semnificativă de timp, este destul de îngrijorător.

Experiment - Numărarea trecerilor

Acesta este un experiment foarte cunoscut, dar vă rugăm să îl încercaţi chiar dacă aţi văzut versiunea originală - aceasta este o versiune nouă care va fi în continuare interesantă dacă o parcurgeţi până la capăt. Mergeţi la www.universeinsideyou.com . Faceţi clic pe *Experimente* şi selectaţi experimentul *Numărarea paşilor.* Vi se va cere să număraţi de câte ori cineva în alb pasează mingea. În jocul care se desfăşoară rapid, este dificil să ţineţi evidenţa (numerele şi memoria sunt implicate aici), astfel încât trebuie să vă concentraţi foarte mult asupra persoanei care pasează mingea.

Deşi nu funcţionează pentru toată lumea, mai mult de 50% dintre oameni nu reuşesc să observe cu exactitate ce se întâmplă în acest videoclip simplu. Nu este deloc surprinzător cât de des creierul tău greşeşte lucrurile. Adesea, aceste greşeli sunt mai mult distractive decât îngrijorătoare - iluziile optice pot fi foarte distractive, de exemplu. Cu toate acestea, ori de câte ori ne bazăm pe capacitatea noastră de a ne aminti exact ce s-a întâmplat în circumstanţe confuze, trebuie să fim conştienţi de limitele creierului.

Memoria ne dezamăgeşte în moduri surprinzătoare. Este posibil să recunoaştem un chip - atât de clar încât este stocat în memoria noastră - dar să fim incapabili să îi dăm un nume. Este foarte posibil să vă uitaţi propriul număr de telefon, chiar dacă este o secvenţă de cifre pe care o folosiţi mereu. Poate cel mai frustrant dintre toate este modul în care memoria îţi poate spune doar

jumătate din poveste - sunt momente în care știi că trebuie să-ți amintești ceva, dar nu-ți amintești ce este!

Stare solidă versus stare moale

Unul dintre motivele pentru care este ușor să înțelegem greșit memoria este că suntem atât de familiarizați cu computerele și presupunem că există o oarecare asemănare între modul în care funcționează memoria computerului și modul în care funcționează memoria umană. Dar nu este cazul. Memoria computerului constă dintr-o valoare specifică - zero sau unu - stocată într-o locație specifică. Fiecare locație are o adresă. Puteți merge direct la acea locație și găsi valoarea. Acest lucru o face excelentă pentru ceva de genul căutării unui număr - un computer nu va uita un număr de telefon în grabă. Prin comparație, creierul tău nu deține o memorie într-o singură locație și nici nu are o modalitate directă de a accesa o anumită valoare. Modul în care este reținută informația este structurat ca modele și imagini, motiv pentru care creierul tău poate avea probleme cu un număr de telefon, dar îi este mult mai ușor să recunoască o față decât un computer.

A-ți aminti cum se face

Există, de asemenea, mai multe tipuri distincte de memorie în creier. Cel mai de jos nivel este memoria procedurală, memoria care îți spune cum să faci ceva. Aceasta are loc în cea mai primitivă parte a creierului, partea cea mai strâns împărtășită cu cea mai largă gamă de animale, în special cerebelul și *corpul calos*, pachetul de nervi care leagă cele două jumătăți ale creierului. Memoria procedurală este accesată semnificativ mai rapid decât nivelurile superioare de memorie și fără niciun efort conștient. Dacă ești un dactilograf ca mine, este ușor să demonstrezi că memoria procedurală este diferită de memoria conștientă. În timp ce tastez asta, nu mă uit la tastatură și nu mă gândesc unde este fiecare tastă. Pur și simplu gândesc cuvintele și degetele mele le tastează. Memoria procedurală gestionează unde să-mi pun degetele și când să apăs.

Dacă încerc să-mi amintesc unde se află o anumită literă, să zicem un **N**, pe tastatură, nu pot. Nu v-aș putea spune. Dar pot tasta un **N** fără să mă gândesc la asta - memoria mea procedurală cunoaște tastatura, dar memoria mea superioară nu. Ceva similar se întâmplă cu șoferii experimentați. Când înveți să conduci, trebuie să fii conștient de ceea ce faci; cum și când să schimbi vitezele și așa mai departe. Cu experiență, această abilitate devine ascunsă în memoria procedurală și se întâmplă fără să trebuiască să te gândești la asta.

Amintirea lucrurilor

Nivelul superior al memoriei, nivelul conștient, este procesat de un număr de zone ale creierului. Acesta este împărțit în general în memorie de scurtă durată sau de lucru și memorie de lungă durată. Cortexul prefrontal, situat în spatele frunții, administrează memoria de scurtă durată, în timp ce hipocampul, o zonă centrală a creierului care ar trebui să arate ca un cal de mare (dar nu arată!), gestionează amintirile de lungă durată, deși amintirile în sine sunt distribuite în tot creierul. Una dintre marile distincții dintre memoria de scurtă durată și cea de lungă durată este că noi controlăm ceea ce se află în memoria noastră de scurtă durată - poți păstra în mod conștient ceva în acele sloturi de scurtă durată - dar nu avem control direct asupra memoriei de lungă durată. Nu poți doar să marchezi ceva pentru memorare și să rămână automat - trebuie să lucrezi la asta. Acest lucru este enervant, când te gândești la asta. Probabil te gândești la tine ca la o persoană rațională și, cu toate acestea, iată una dintre cele mai importante funcții ale creierului tău, probabil aspectul care te definește cel mai mult ca individ, și nu ai control direct asupra lui. Creierul este un sistem cu auto-modelare, un fenomen natural comun. Cu cât folosești mai mult o anumită cale neuronală în creier, cu atât devine mai ușor să folosești acea cale. Dacă te gândești la conexiunile dintre neuroni ca la o cablare electrică, cablarea se îngroașă pe măsură ce este folosită, ceea ce o face mai ușor de utilizat din nou. Deci, accesarea constantă a unei anumite amintiri face ca acea amintire să fie mai ușor de reamintit - mecanismul din spatele importanței revizuirii.

Sub presiune, creierul tău se bazează mai mult ca de obicei pe aceste căi bine bătătorite, motiv pentru care, atunci când vrei să fii creativ, este mai bine să fii relaxat și să nu fii sub presiunea de a găsi un răspuns instantaneu. Acest lucru oferă creierului șansa de a folosi conexiuni mai subțiri, mai puțin frecventate, de unde pot apărea idei noi.

Eu cunosc fața

Pentru că amintirile noastre nu funcționează ca un computer, ajută să manipulezi informațiile pentru a le face mai acceptabile pentru creierul nostru și mai accesibile în memorie. Dacă, de exemplu, vrei să-ți amintești numele cuiva, există o tehnică foarte simplă pentru a-l fixa în memoria ta: ia numele și fă o imagine vizuală din el. Fă-o cât mai colorată, vizuală, grafică (și chiar amuzantă) poți. Apoi combină imaginea cu o imagine mentală a acelei persoane. Lasă-mă să dau un exemplu. Acum douăzeci și cinci de ani, când am dat pentru prima dată de această tehnică, m-am gândit să o încerc. Mi s-a întâmplat să intru într-o farmacie la prânz și am decis să-mi amintesc numele primei persoane pe care am întâlnit-o cu ecuson. O chema Ann Hibble, un nume pe care mi-l amintesc și astăzi. Imaginea pe care am evocat-o a fost un hipopotam (un hipopotam mare, mov) ridicându-se din podeaua magazinului și ciugulind degetele femeii. Un hipopotam ciugulind - Ann Hibble. Așa cum s-a subliniat atunci când ne-am uitat la împărțirea stânga/dreapta a creierului, lucruri precum culoarea, mișcarea și drama angajează toate funcții distinctive în creier. Deci, utilizarea imaginilor cu culoare, mișcare și dramă ajută la asigurarea utilizării acestui aspect al creierului, precum și a celorlalte module cerebrale implicate în mod natural cu cuvinte. Amintirile sunt stocate pe ambele părți ale creierului, așa că orice ajutor este binevenit. Această tehnică de a reține un nume implică păcălirea creierului. Pretinzi că faci ceva mai mult ca sarcinile pe care creierul tău le-a evoluat inițial să le facă. Oamenii au evoluat pentru a recunoaște tipare, imagini și poze în lumea din jurul nostru, așa că, suprapunând o imagine peste nume, ascundem cuvintele sub vizuale și facem ca memoria noastră să le accepte mai ușor.

Probabil că nu mi-aș mai putea aminti numele Ann Hibble dacă nu l-aș fi întărit în mod regulat povestind din nou. Un element esențial pentru ca ceva să rămână în memorie este repetarea acelei amintiri - scoaterea ei din memorie și revenirea la ea în mod regulat, îngroșând astfel conexiunile neuronale. Ideal este să repetați acest proces pe o scară care se prelungește treptat; poate după o oră, o zi, o săptămână, o lună, șase luni, un an ... dacă faceți acest lucru, sunt șanse ca amintirea să nu vă părăsească niciodată.

Notează-mi numărul de telefon

Cel puțin numele pot fi asociate cu obiecte și imagini, dar numerele sunt și mai abstracte și chiar mai străine creierului. Când te confrunți prima dată cu un număr, problema inițială este că memoria ta pe termen scurt are doar un număr foarte limitat de sloturi. Poți să te gândești doar la aproximativ șapte lucruri simultan, fără ca ceva să iasă și să se piardă. Din păcate, un număr de telefon tipic ar putea avea unsprezece cifre, ceea ce depășește capacitatea memoriei tale pe termen scurt. Iată un număr de telefon inventat: 02073035629. Luate ca unsprezece cifre separate, este destul de imposibil de reținut, motiv pentru care numerele de telefon au fost împărțite în mod tradițional în bucăți. Dacă poți memora o bucată de numere ca un singur element, poți comprima totul în memoria pe termen scurt, pe drumul spre memorarea completă.

Îmi amintesc coada asta de undeva

Memoria nu este, desigur, unică pentru ființele umane. Oricine are contact regulat cu animalele va fi conștient de cât de multă memorie apare în comportamentul lor. Chiar și umilul peștișor auriu este perfect capabil să-și amintească lucruri. Acest lucru este păcat într-un fel, deoarece mitul că un peștișor auriu are o memorie de trei secunde este excelent pentru glume: „Doar pentru că am o memorie de trei secunde, ei cred că nu mă voi plictisi de mâncarea pentru pești... Oh, wow! Mâncare pentru pești!'' Bine, nu întotdeauna excelent. Cu toate acestea, oricine a ținut peștișori aurii va fi conștient că își pot aminti lucrurile perfect - de exemplu, ajungând la o anumită

parte a iazului sau a acvariului ca răspuns la o solicitare înainte de hrănire, iar o emisiune TV a reuşit să facă peştişorii aurii să înveţe traseul prin labirinturi. Ideea că au o memorie de trei secunde nu este altceva decât un mit urban, probabil echivalând inteligenţa şi memoria într-un fel, unde, în practică, există foarte puţine legături între cele două.

Scrib-ul creierului

Creierul uman este, fără îndoială, gloria noastră supremă şi una dintre cele mai remarcabile moduri prin care extindem funcţiile creierului nostru este prin utilizarea scrisului. Lucrul uimitor la scris este că este un mijloc prin care un creier comunică cu altul - în cazul acestei cărţi, creierul meu comunică cu al tău - unde timpul şi spaţiul sunt îndepărtate ca bariere. Comunicarea naturală este limitată în aceste privinţe. Majoritatea animalelor şi plantelor comunică aici şi acum. Cu câteva excepţii în comunicările bazate pe substanţe chimice care persistă, un mesaj este produs, consumat şi dispare, fără să mai revină. Dar scrisul înlătură această limitare. Puteţi lua o carte de pe raft şi citi cuvinte care au fost scrise la mii de mile distanţă sau chiar cu mii de ani în urmă. Este foarte posibil să aveţi mai multă comunicare pe rafturile dumneavoastră de la oameni morţi decât de la cei vii şi este probabil ca puţini, dacă există, dintre autori să locuiască pe strada dumneavoastră. Când veţi citi aceste cuvinte, vor fi luni sau ani după momentul (13.32 GMT marţi, 4 octombrie 2011) în care au fost scrise. Desigur, acum avem multe alte modalităţi de a comunica care sunt mai instantanee decât scrisul, dar adesea aceste mesaje nu depăşesc timpul aşa cum poate face scrisul. Deoarece sunt scrise, aceste cuvinte vor fi încă aici peste zece ani, poate chiar o sută de ani sau o mie. Apelul la rece pe care l-am primit de la un broker de valori din New York a fost imediat trimis în coşul de gunoi al timpului - comunicarea este moartă ca urletul unui lup (din fericire, în acest caz particular). Scrisul a fost crucial pentru dezvoltarea societăţii noastre tehnologice. Fără scris, nu ar exista ştiinţă, ci doar mit. Fără nicio modalitate de a construi practic pe experienţa anilor anteriori, am reinventa mereu roata. Tehnologia computerizată este adesea considerată un fel de inamic al scrisului - de ce să citeşti o carte când poţi viziona videoclipuri pe YouTube? - dar fără scris nu ar exista software pentru computer, nicio dezvoltare a hardware-ului, iar o mare parte din conţinutul internetului rămâne bazat pe cuvinte.

Scrisul cu imagini

Scrisul, în sensul cel mai larg, este o extensie a creierului nostru. Este o modalitate de a lua informaţii dintr-un creier uman şi de a le stoca astfel încât să poată fi revizitate de un alt creier în altă parte, în timp şi spaţiu. Iniţial, aceasta a fost sub forma unor imagini. Picturile rupestre care înfăţişează fiinţe umane, animale şi modele de mâini, datând de acum 30.000 de ani sau mai mult, nu sunt mâzgăliturі abstracte, ci un mijloc de comunicare. Ele erau fixe în spaţiu, greu de produs şi dificil de interpretat, dar nimeni nu poate pune la îndoială capacitatea lor de a supravieţui de-a lungul timpului. De-a lungul multor ani, imaginile simple s-au dezvoltat în pictograme. Acestea prezentau încă imagini recognoscibile, dar imaginile erau mai stilizate, făcându-le mai rapide de executat şi mai consistente ca aspect. O pictogramă reprezenta de obicei un obiect sau, mai subtil, un concept. Nu este nevoie de un geniu pentru a decoda un mesaj pictogramă care arată fructe întinse pe pământ, apoi o pereche de braţe, apoi fructe într-un coş. Problema cu un astfel de sistem este că sunt prea multe simboluri cu care să te confrunţi. O simplificare ar fi să ai simboluri separate pentru fructe, coş şi pământ şi, desenându-le într-o anumită relaţie - poate cu un semn special de legătură pentru a sugera „pe” sau „în” - să combini aceste simboluri. Acum, acele pictograme simple evoluează în „ideograme” - simboluri care pot transmite un concept abstract precum „pe”. Aceasta este etapa în care se crede că a apărut „proto-scrierea”, strămoşul imediat al scrierii adevărate. Cu aproximativ nouă până la şase milenii în urmă, simbolurile erau folosite cu un grad de structură vizuală pentru a transmite un mesaj simplu. Este dificil de spus când a apărut această proto-scriere, dar mulţi arheologi cred că cel mai bun exemplu timpuriu cunoscut în prezent este cel de pe tăbliţele de la Tărtăria, găsite în satul cu acest nume din centrul României (fostă parte a Transilvaniei). Tăbliţele de lut, de câţiva centimetri, prezintă o astfel de combinaţie de desene

stilizate, simboluri și linii. Este posibil ca acestea să fi fost pur decorative, dar totul despre ele sugerează un mesaj, o încercare clară de a comunica informații de la un creier uman la altul.

Ai auzit de mumia mea?

Hieroglifele egiptene formează cel mai cunoscut sistem de scriere care face următorul pas - încă folosind pictograme și ideograme, dar într-un cadru mult mai formalizat. Marele progres aici este că imaginile reprezintă uneori cuvinte, uneori părți de cuvinte. Deși hieroglifele sunt scriptul instantaneu recunoscut al Egiptului antic, acestea erau folosite doar în scopuri speciale. Erau lente de produs și nu erau potrivite, de exemplu, pentru ținerea contabilității. Un al doilea sistem, hieratic, s-a dezvoltat alături de hieroglife. De asemenea, se baza pe simboluri vizuale, dar era semnificativ mai mult ca un script scris modern. Egiptenii nu au fost primii care au folosit scrierea adevărată. O altă superputere regională a vremii, Sumerul, a avut probabil prima limbă scrisă, un script cuneiform - unul în care caracterele sunt construite din semne în formă de pană - un pic ca o vedere laterală a unei pioneze - făcute cu capătul unui stilou. Privind, aceste mici simboluri par puțin mai mult decât o evidență. Dar sunt mult mai mult. Ele sunt un mijloc de extindere a creierului uman, răspândind informații de la o persoană la alta. Cu aproximativ 4.000 de ani în urmă, scrierea se răspândea ca focul. Sistemul chinezesc datează din această perioadă, folosind un număr mare de simboluri (aproximativ 5.000) care reprezintă cuvinte sau părți de cuvinte. Propriul nostru alfabet are o istorie neclară înainte de a ajunge la forma scrisă actuală. Numele „alfabet” arată originea sa greacă (*alpha* și *beta* fiind primele două caractere ale alfabetului grecesc), deși caracterele pe care le folosim au o istorie mai complexă.

Abrevieri în alfabete

Cel mai vechi precursor cunoscut al scrierii noastre este alfabetul proto-canaanit. Tehnic vorbind, a fost o abreviere, un alfabet fără vocale. Vocalele sunt fie subînțelese de poziție, fie marcate folosind semne mici de schimbare, ca accentele. Această formă scrisă a fost folosită în Orientul Mijlociu de acum aproximativ 3.500 de ani și a fost preluată de fenicieni. Simbolurile au fost adaptate pentru literele grecești și aramaice. Greaca este considerată a fi primul alfabet adevărat cu vocale tratate similar cu consoanele, dezvoltându-se acum aproximativ 3.000 de ani. Propria noastră scriere latină sau romană a fost derivată în timp din greacă, și la fel cum SUA și internetul au răspândit utilizarea limbii engleze astăzi, Imperiul Roman a răspândit utilizarea literelor latine, deoarece limba lor a devenit o limbă comună, una care avea să supraviețuiască imperiului însuși cu peste 1.000 de ani. Cea mai mare lucrare a lui Isaac Newton, *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, a fost scrisă în latină încă din 1687, în timp ce *Opticks*, publicată pentru prima dată în 1704, deși scrisă în engleză, a fost tradusă în latină pentru un public mai larg.

Sună bine de tot

Scrierea romană cu care suntem familiarizați - majusculele noastre cu câteva omisiuni - erau echivalentul roman al hieroglifelor. Acestea au fost utilizate în principal pentru sculptura în piatră și pentru proclamații importante. Scrierea de zi cu zi folosea o scriere diferită, numită *cursivă* romană, care arată pe jumătate între majuscule și minusculele moderne. Inițial, literele variau foarte mult în dimensiune și plasare, dar în timp au devenit mai standardizate în scară și mai asemănătoare cu minusculele noastre actuale. Inițial, însă, majusculele și cursivele erau două scheme distincte, iar un scriitor le folosea pe una sau pe cealaltă, dar treptat majusculele au apărut pentru a sublinia în mijlocul cursivei. Exact cum urmau să fie folosite majusculele a necesitat mult timp pentru a se stabili. În limba engleză, de exemplu, a existat o perioadă în care au fost folosite doar pentru a sublinia secțiuni noi, cum ar fi propozițiile, apoi o perioadă în care, ca în germană modernă, au fost folosite pentru aproape fiecare substantiv, înainte de a se stabili la compromisul actual. Abia odată cu apariția tiparului, cele două tipuri de litere au fost numite majuscule și minuscule, referindu-se la caracterele mobile care erau folosite în tipărire până când imprimantele computerizate au devenit norma. O pagină tipărită era legată împreună dintr-o colecție de litere individuale pe blocuri

metalice. Literele majuscule erau păstrate în sertare sau cutii mai înalte, în timp ce literele „minuscule” erau depozitate în cutiile inferioare.

Acum putem vedea adevărata putere a scrisului în a le permite ființelor umane să beneficieze de puterea creierelor lor unice, ducându-le mult dincolo de capacitățile oricărei creaturi naturale de pe planetă. Gândește-te ce poți face, datorită scrisului: poți consulta înțelepciunea cuiva de mult mort, extinzând capacitățile creierului tău. Poți susține funcționarea corpului tău, intrând online și achiziționând ceva de mâncare de la celălalt capăt al lumii - sau poți nota un memento pe o notă **Post-it** pentru a te asigura că îți vei aminti să faci ceva important. Și asta este doar utilizarea ta directă. Aproape nimic din jurul tău care te face diferit de strămoșii tăi de acum 100.000 de ani nu ar exista dacă cuvântul scris nu ar fi fost prezent pentru a-i ajuta dezvoltarea. Cuvântul scris face posibilă existența legilor, a științei și a literaturii, ca să numim doar trei. Desigur, înainte de existența scrisului, exista o tradiție orală - existau povestitori, de exemplu, dar diferența de capacitate adusă de scris și impactul său asupra ființelor umane a fost imensă. Vorbirea poate face o cantitate vastă, dar atunci când un subiect devine prea complicat, scrisul este necesar pentru a-l susține. Cuvântul scris este extrem de puternic și mulți dintre noi simțim că are un fel de magie. Există ceva special în cărți și librării, ceva foarte satisfăcător din punct de vedere fizic în a mânui o carte. (În egală măsură, există ceva special la un motor de căutare web precum Google, dar asta este un alt fel de magie.) Desigur, ca scriitor, aș spune că cărțile sunt speciale, deoarece cărțile sunt ceea ce fac eu, dar totuși, nu este un sentiment neobișnuit. Când cuvintele scrise sunt combinate cu capacitatea practică a unui om de a face lucrurile să se întâmple, acestea au o putere aproape nelimitată. Ești uman? Impresionat așa cum ar trebui să fii de puterea creierului tău care se scurge în scris, există unele aspecte ale capacității tale mentale care pot fi emulate de un computer. După cum s-a menționat deja, orice PC vechi este mult mai bun la aritmetică și probabilitate decât oricare dintre noi nu va fi vreodată, iar computerele sunt, de asemenea, capabile să învingă mari maeștri de șah. În alte cazuri, ne menținem cu greu - să luăm, de exemplu, testul Turing.

Aceasta a fost o încercare concepută de Alan Turing, pionier în descifrarea codurilor și în informatică, ca o modalitate de a afla dacă computerele au ajuns în sfârșit la maturitate și rivalizează cu oamenii în materie de inteligență. Dacă puteai să stai într-o cameră și să comunici printr-un fir cu „cineva” și nu puteai spune dacă acel „cineva” era un computer sau o persoană, atunci puteai considera că computerul a atins o formă de inteligență artificială.

De-a lungul anilor, au fost scrise diverse programe pentru a încerca să interacționeze în mod convingător cu ființele umane, cu diferite niveluri de succes.

Experiment - Vorbește cu calculatoarele

Mergeți la www.universeinsideyou.com . Faceți clic pe *Experimente* și selectați experimentul *Vorbește cu calculatoarele*. Încercați mai întâi Eliza, integrată în pagină. Acesta este unul dintre cele mai vechi programe de calculator concepute pentru a purta o conversație, scris la mijlocul anilor 1960. Acesta acționează ca un psihoterapeut, redându-vă afirmațiile. Este destul de ușor să o dai în bară, dar dacă joci jocul și nu încerci să fii prea deștept, este surprinzător de bun.

Apoi derulați în jos și faceți clic pe *link* pentru a arunca o privire la Cleverbot. Acesta este unul dintre cele mai bune „chatbots” moderne, cum sunt numite astfel de programe. Chiar și Cleverbot este relativ ușor de confundat, dar are mult mai multe trucuri în mânecă decât Eliza pentru a încerca să pară uman.

La festivalul *Techniche* din Guwahati, India, în 2011, chatbot-ul Cleverbot a trecut testul Turing. Sau cel puțin asta s-a afirmat. În test, 30 de voluntari au tastat conversații, jumătate cu un om, jumătate cu un chatbot. Apoi, un public de 1.334 de persoane, inclusiv voluntarii, au votat pe care conversații au fost cu oameni. Un total de 59% au crezut că Cleverbot era uman, făcând ca organizatorii (și revista *New Scientist*) să afirme că software-ul a trecut testul Turing. Prin comparație, 63% dintre votanți au crezut că participanții umani erau umani. Acest proces poate fi un pic jenant pentru participanții umani despre care se crede că sunt un computer. Nu cred, însă, că

rezultatul este cu adevărat un succes conform testului Turing. Participanților li s-a permis doar o discuție de patru minute, ceea ce le oferă designerilor chatbot-ului o oportunitate de a utiliza tactici pe termen scurt care nu ar funcționa într-o conversație extinsă reală, genul de interacțiune pe care o imaginez Turing o avea în minte. Și apoi este locația evenimentului - o informație cheie care lipsește din raportul publicat este câți dintre votanți au avut engleza ca limbă maternă. Dacă, așa cum suspectez, mulți dintre cei care au votat nu au avut, sau au vorbit engleză cu idiomuri distincte non-occidentale, capacitatea lor de a identifica care participanți erau oameni și care nu ar fi inevitabil compromisă.

Ai ucide pentru a salva vieți?

A purta o conversație este una, dar a te ocupa de etică este altceva. Este greu de imaginat programarea unui computer pentru a avea o înțelegere reală a eticii. La urma urmei, nici măcar noi nu avem neapărat o vedere clară asupra propriei noastre etici. Teoria poate fi simplă, dar când vine vorba de practică, este ușor să iei decizii pe care apoi este dificil să le justifici. Iată un exemplu binecunoscut... Imaginați-vă că vă aflați într-un centru de control feroviar și vedeți că un tren fără control se îndreaptă pe șină. Este complet scăpat de sub control - nu puteți face nimic pentru a-l opri. Se îndreaptă spre un set de macaze unde puteți alege pe care dintre cele două linii va călători. Dacă nu faceți nimic, se va îndrepta pe linia A și va intra și va ucide douăzeci de persoane care sunt pe șină celebrând deschiderea unei noi organizații de caritate feroviară. Dacă schimbați macazul, se va îndrepta pe linia B și va ucide un singur individ care curăță linia de gunoi. Să fim clari aici: dacă schimbați acel macaz, veți face direct ca cineva să moară care altfel nu ar fi murit, dar dacă nu schimbați macazul, douăzeci de persoane vor muri. Ce faci? Decideți înainte de a continua lectura.

Acum, să schimbăm puțin situația. Acum stați pe un pod peste șine. Ca înainte, un tren scăpat de sub control se îndreaptă pe șine către douăzeci de oameni nevinovați, care vor fi uciși dacă nu este deviat la macaz. Nu puteți ajunge la comenzi, dar există un comutator de presiune lângă șine sub dumneavoastră, care va devia trenul pe o linie sigură, unde nimeni nu va fi ucis. Singura modalitate de a activa acel comutator este să aruncați ceva care cântărește de două ori greutatea dumneavoastră pe el. Așezată precar pe parapetul podului se află o persoană foarte mare... Dacă împingeți acea persoană de pe pod, unde va fi cu siguranță ucisă de tren, veți salva ceilalți douăzeci de oameni. Dacă nu faceți nimic, cei douăzeci de oameni vor muri. Ce faceți? Majoritatea oamenilor ar apăsa butonul pentru a devia trenul și a ucide o singură persoană în loc de douăzeci. Dar mulți nu s-ar putea decide să împingă persoana de pe pod, chiar dacă aceasta pare să facă exact același sacrificiu. Psihologii vă vor spune că acest lucru se datorează faptului că sunteți din punct de vedere etic capabil să ucideți pe cineva de la distanță prin apăsarea unui comutator pentru a salva pe alții, dar, aparent, în mod total ilogic, nu puteți face gestul practic. Ei subliniază că același tip de schimbare s-a produs în război, pe măsură ce tehnologia umană folosită pentru a se ucide reciproc a trecut de la lupta corp la corp la gloanțe și rachete. Cu toate acestea, personal cred că, deși acest experiment de gândire este util pentru a obține perspective asupra sistemelor noastre etice, este defectuos. Problema este că cele două scenarii diferite de cale ferată nu sunt la fel de plauzibile. Primul exemplu s-ar putea întâmpla cu adevărat. Ar fi perfect posibil să trageți un comutator și să transferați un tren pe o altă șină, ucigând o persoană în loc de douăzeci. Dar pare foarte puțin probabil ca dumneavoastră să aveți un comutator de presiune care să necesite de două ori greutatea dumneavoastră și să se întâmple să aveți o persoană așezată acolo și să știți ce greutate are. Formularea inițială a problemei, forma care a fost utilizată în mod activ în testele psihologice, este și mai puțin plauzibilă. Sugerează că persoana de pe pod este atât de grasă încât poate opri trenul doar cu greutatea sa, arătând o înțelegere foarte slabă a fizicii din partea psihologilor.

Mai rău decât atât, însă, psihologii uită de impactul probabilității. Primul test nu este doar mai plauzibil ca scenariu, ci ați putea fi fericiți că, cu excepția unei defecțiuni tehnice, atunci când acționați comutatorul din camera de control, trenul va fi deviat pe a doua linie. Cu toate acestea, chiar dacă vi s-a spus că va funcționa, există toate șansele ca împingerea unei persoane de pe un pod să meargă prost; ar putea cădea în locul nepotrivit, de exemplu. Nivelul ridicat de incertitudine al

celui de-al doilea test înseamnă că acesta ar fi mult mai puțin atrăgător, chiar dacă nu ar exista preocupări etice legate de luarea unei măsuri directe de a ucide pe cineva.

Încrederea și ultimatumul

Un alt experiment pe care îl puteți realiza singuri oferă o perspectivă puternică asupra modului în care avem încredere și, de asemenea, asupra modului în care echilibrăm logica și emoția în luarea deciziilor - un alt aspect cu care calculatoarele au probleme. Luăm decizii tot timpul, iar acest joc ajunge la esența a ceea ce se întâmplă atunci când facem o alegere - deoarece nu este un proces atât de simplu pe cât pare. Experimentul se numește jocul ultimatumului.

Experiment - Joc ultimatum

Încearcă acest joc data viitoare când ai niște prieteni în preajmă pe care să experimentezi (sau când urmează să mergi la bar). Aveți nevoie de două persoane și de o sumă mică de bani, pe care trebuie să fiți dispuși să o dați de dragul experimentului.

Explicați celor două persoane că doriți să realizați un experiment simplu. Le veți cere fiecăruia dintre ei să ia o decizie cu privire la niște bani. Ei nu trebuie să discute în niciun fel decizia lor. Puneți banii pe masă în fața lor, astfel încât să fie clari și reali. Explicați-le că le veți da acești bani pentru a-i împărți - nu există condiții, ci doar o decizie de luat.

Prima persoană trebuie să decidă cum vor fi împărțiți banii între ei. El sau ea îi poate împărți cum dorește. Banii pot fi împărțiți în proporție de 50:50, persoana care ia decizia îi poate păstra pe toți sau îi poate împărți în orice alt mod dorește. (Persoana care decide nu trebuie să vorbească în niciun fel despre decizia sa, ci doar să anunțe cum vor fi împărțiți banii. A doua persoană va spune fie „Da”, iar cei doi vor primi banii, împărțiți între ei în acest fel, fie „Nu”, caz în care niciunul dintre ei nu va primi bani.

Acest joc a fost abordat de multe ori în multe circumstanțe. Lucrul logic pe care ar trebui să-l facă a doua persoană este să spună „Da”, atâta timp cât prima persoană îi oferă ceva. Chiar dacă i se oferă doar un ban, este un câștig. În practică, însă, a doua persoană tinde să spună „Nu” decât dacă primește ceea ce consideră o proporție echitabilă din bani. Ceea ce contează ca o proporție corectă variază de la o cultură la alta. Unii vor accepta chiar și cincisprezece la sută, alții se așteaptă la 50 la sută. În Europa și SUA, avem tendința de a ne aștepta la aproximativ 30 la sută sau mai mult înainte de a spune „Da”. Ceea ce arată experimentul este că considerăm că încrederea și corectitudinea merită să plătim pentru ele. Suntem dispuși să pierdem bani în schimbul îndreptării lucrurilor. Dacă logica umană ar fi bazată exclusiv pe economie, atunci acest lucru nu ar avea niciun sens – ar trebui să iei întotdeauna banii. Dar creierul tău ia decizii bazate pe un amestec mult mai complex de factori decât doar finanțele. Acest lucru nu înseamnă că finanțele nu au nicio contribuție la sistemul complex de ponderare implicat în luarea deciziilor. Dacă, de exemplu, un miliardar decide să joace acest joc și oferă un total de zece milioane de lire sterline, este probabil că vei accepta cu bucurie să primești doar cinci la sută - 500.000 de lire sterline. Cu excepția cazului în care ești și tu extrem de bogat, o jumătate de milion de lire sterline este o sumă care îți schimbă prea mult viața pentru a o refuza pentru a preda o lecție cuiva și pentru a-i pedepsi lipsa de corectitudine. Este un exercițiu interesant să te gândești cât de puțin ai accepta în astfel de circumstanțe. Unde între 500.000 de lire sterline și 1 liră sterlină (pe care majoritatea oamenilor le-ar respinge) ai trage linia?

Cântărind opțiunile

Acest tip de joc pare să reflecte direct modul în care funcționează capacitatea creierului de a lua decizii. Diferite componente ale deciziei primesc ponderi. Cu cât este mai mare ponderarea, cu atât factorul este mai important pentru decizie. Aceste valori ponderate sunt apoi adunate și oricare opțiune obține cea mai mare greutate câștigă. În cazul jocului ultimatum, factorii care sunt susceptibili de a primi ponderi includ:

- Cât de mulți bani sunt implicați?
- Câți bani aveți deja și simțiți că aveți nevoie? (Așadar, cât de importantă este suma oferită pentru tine și pentru viața ta?)
- Cât de echitabilă este împărțirea cu care vine cealaltă persoană?
- Este reală? (Veți primi cu adevărat banii, sau este doar ipotetică?)
- Care este relația dumneavoastră cu cealaltă persoană?

Dacă un computer ar face acest lucru, ar înmulți la propriu scorurile cu ponderile, producând un set de numere pe care le-ar compara. În creier, acest tip de punctaj se realizează într-o manieră analogă - este vorba mai degrabă despre puterea unui impuls electric sau despre concentrația unei substanțe chimice - dar efectul este foarte asemănător.

Luând în considerare toți factorii

Ne place să credem că luăm decizii logice. Nu genul de logică rece folosită de dl. Spock, care ar opta de fiecare dată pentru bani în jocul ultimatumului, ci o logică mai umană, care ia în considerare relațiile, încrederea și corectitudinea ca fiind importante, precum și finanțele. Și, cu condiția să luăm în considerare toți factorii care intră în joc, probabil că multe ființe umane sunt logice în acest mod. Dar este ușor să nu observăm ceea ce influențează cu adevărat o decizie. Rezultatul poate fi un rezultat care nu are niciun sens în ceea ce privește, să zicem, binele pe termen lung, deoarece procesul decizional a acordat o importanță mai mare plăcerii pe termen scurt. Puteți vedea că acest lucru se întâmplă tot timpul, de la decizii personale relativ ușoare:
- cum ar fi dacă să consumăm sau nu acel *junk food* sau baton de ciocolată gustos, dar nesănătos
- până la decizii cu adevărat amenințătoare pentru viață, care implică consumul de droguri tari sau desfășurarea unei activități cu risc ridicat. Ființele umane nu se pricep prea bine să ia în considerare impactul pe termen lung în luarea deciziilor. Putem fi conștienți de acești factori, putem ști foarte bine care sunt implicațiile, dar câștigurile pe termen scurt depășesc de foarte multe ori beneficiile pe termen lung.

Economiștii au fost în mod tradițional foarte proști la înțelegerea modului în care oamenii iau decizii. Ei se așteptau la un comportament perfect rațional, unde „perfect” și „rațional” sunt definite ca fiind comportamentul care optimizează beneficiul financiar pentru individ. Dar o astfel de abordare este naivă la extrem atunci când ne gândim la ființele umane reale, așa cum se realizează din ce în ce mai mult acum.

S-ar putea să fii tu

Luați doar simplul exemplu de a juca la loterie. Este extrem de puțin probabil să câștigi la o loterie importantă. Șansele sunt de milioane la una împotrivă (pentru a fi precis, 13.983.816 la una în extragerea Loteriei din Marea Britanie) - similar cu șansa de a fi ucis într-un accident de avion sau de a fi lovit de fulger. Totuși, în fiecare săptămână, mulți oameni participă. Ce se întâmplă? În parte, reflectă incapacitatea noastră de a gestiona probabilitatea. Imaginați-vă doar dacă într-o zi ar trage rezultatele la loterie și bilele ar ieși 1, 2, 3, 4, 5, 6. Ar exista o revoltă. În cel mai bun caz, s-ar presupune că mecanismul de tragere este defect și, în cel mai rău caz, s-ar crede că există fraudă. Probabil ar fi întrebări adresate în parlament. Și totuși, acea secvență de numere are exact aceleași șanse de a fi extrasă ca numerele care au ieșit din mașină sâmbăta trecută. (În practică au fost 29, 9, 15, 39, 17, 30.) Doar când vedem o secvență ca 1, 2, 3, 4, 5, 6 ieșind, realizăm cât de improbabile sunt șansele de a câștiga - acele cote astronomice nu au prea mult sens pentru mințile noastre provocatoare din punct de vedere matematic. Cu toate acestea, în ciuda acestei capacități slabe pe care o avem de a face față unor astfel de numere, matematicienii, oamenii de știință și economiștii care îi numesc în mod regulat pe oameni proști pentru că joacă la loterie ratează, de asemenea, complet ideea. Ei folosesc un model foarte slab de luare a deciziilor umane.

Cred că înțeleg probabilitatea destul de bine, de exemplu, dar tot joc la loterie. Ce-i drept, într-un mod controlat, cu un buget lunar mic, dar joc. Deci de ce o fac? Implică tipul de recompense

pe care economia convențională nu este bună la reflectare. Dacă suma implicată în joc este atât de mică încât o pot considera neglijabilă (poate echivalentul cumpărării unei băuturi săptămânale la o cafenea), atunci pot compensa cu ușurință pierderea aproape inevitabilă cu o șansă foarte mică de a câștiga o sumă interesantă. Pentru a adăuga la partea de beneficii a ecuației, cu acest stil de joc, primesc o mică victorie cam o dată la câteva luni. Aceasta va fi inevitabil între 3 și 10 lire sterline, dar mai sunt încă câteva minute de anticipare delicioasă după ce primesc e-mailul „Verificați-vă contul" de la Loteria Națională, când ar putea fi mult mai bine. Unul dintre factorii importanți în a considera decizia de a juca ca fiind rațională este că uit complet de participare, cu excepția cazului în care primesc unul dintre aceste e-mailuri. Nu-mi verific anxios numerele. Nu știu care sunt numerele mele. În ceea ce mă privește, odată ce plata a fost efectuată, banii au dispărut, la fel ca și cum i-aș fi cheltuit pe acele cafele. În felul acesta, orice câștig este o plăcere pură, deoarece nu are niciun cost atașat. Să fim serioși, singurul lucru pe care sunt probabil să-l obțin a doua zi după o vizită la Starbucks este indigestia. (Acest lucru nu aruncă insulte la Starbucks. Este doar că, deși îmi place cafeaua adevărată, îmi supără stomacul.)

Economia greșește

Luarea deciziilor bazate doar pe finanțe ignoră orice plăcere obținută. De fapt, ignoră orice beneficii, altele decât banii lichizi. Dacă ați aborda o astfel de abordare în viața normală, nu ați cheltui niciodată bani pe nimic care să nu aibă un beneficiu financiar clar. Bine, ați cumpăra mâncare pentru că trebuie să rămâneți în viață, dar, evident, ați selecta cea mai ieftină mâncare pentru a oferi valoarea nutrițională necesară. Nu ați merge niciodată la cinema, la teatru sau la un concert. Nu ați cumpăra niciodată un cadou sau o gustare. Nu ați mânca niciodată într-un restaurant, pentru că puteți face întotdeauna ceva mai ieftin acasă. Viața „perfectă" a economistului nu merită trăită.

Ai făcut asta în mod conștient? Am văzut că iei tot timpul decizii de a face lucruri pe baza acestui amestec complex de beneficii, adesea cu o perspectivă înclinată spre câștigul pe termen scurt. Dar, în general, probabil că crezi că luarea deciziilor este conștientă. Este „tu" din interiorul capului tău, mintea ta conștientă, despre care presupui că ia deciziile. Când te gândești la ceva - la această întrebare, de exemplu - unde pare că are loc acel gând? Unde îți imaginezi că ești „tu" localizat? Dacă ești ca majoritatea oamenilor, îți vei localiza mintea conștientă, cam în spatele ochilor, ca și cum ar exista o mică persoană acolo, conducând automatul mult mai mare care este corpul tău. Știi că nu există cu adevărat o figură minusculă acolo, trăgând de pârghii, dar conștiința ta pare să aibă un fel de existență independentă, spunând restului corpului ce să facă. Această imagine simplă a minții tale conștiente ca fiind ceva din interiorul capului tău, care trage de pârghii (imaginate) pentru a-ți face corpul să acționeze, se confruntă cu o mare problemă. Studiile moderne ale creierului arată că o cantitate înfricoșătoare de acțiuni ale tale sunt de fapt controlate de mintea inconștientă. Tot „tu" ești cel care ia decizia - dar nu tu conștientul, partea activă despre care crezi că este responsabilă. Să ne imaginăm că stai afară cu o minge lângă tine. Ridici mingea și o arunci. Ce s-a întâmplat în creierul tău? Presupunerea firească este că mintea ta conștientă s-a gândit „Bine, o să arunc mingea asta", semnalele au fost trimise prin sistemul tău nervos, iar brațul tău și-a făcut treaba. Nu sugerez că a trebuit să verbalizezi în mod conștient, chiar și în tăcere, „Bine, o să arunc mingea asta", dar ai luat decizia conștientă de a o face, apoi s-a întâmplat. Activitatea cerebrală este asociată cu creșterea fluxului sanguin. Prin monitorizarea activității cerebrale folosind scanări fMRI (imagistica prin rezonanță magnetică funcțională) care detectează fluxurile de sânge din creier, este posibil să vezi când se ia decizia de a efectua acțiunea. Acest lucru se întâmplă de obicei în mintea inconștientă cu aproximativ o secundă înainte ca mâna să înceapă să se miște. Conștientizarea conștientă a deciziei are loc cu aproximativ o treime de secundă mai târziu. Deci, înainte să te gândești „O să arunc mingea asta", creierul tău știe că o va face și se pregătește. Abia atunci devii conștient de decizie. Sună ciudat și destul de înfricoșător. Decizia este luată înainte să fii conștient de ea. Este aproape ca și cum ai fi un fel de robot, fără adevărată voință liberă. Dar, în realitate, este mai complex decât atât. În primul rând, există timp pentru ca mintea ta conștientă să anuleze acțiunea. În cazul puțin probabil în care te trezești că începi să faci ceva ce nu vrei cu adevărat să

faci, o poți opri. Și, mai semnificativ, nu este o forță externă străină cea care ia decizia inițială, ci tot tu. Doar că nu ești conștient de asta. Chiar și așa, această luare de decizii inconștientă subliniază cât de complexă este activitatea creierului nostru și cât de dificil este să fii categoric cu privire la modul în care indivizii decid în mod conștient să facă lucruri (și, poate, în ce măsură ar trebui pedepsiți pentru că fac rău sau recompensați pentru că fac bine).

Schimbări de dispoziție și pauze de confort

O diferență semnificativă între creier și un computer este că creierul este influențat mult mai mult de mediul în care funcționează. S-ar putea să credeți că computerul dumneavoastră intră ocazional într-o dispoziție proastă, dar, în realitate, în afară de defecțiuni software, va lua aceeași decizie de fiecare dată dacă i se prezintă aceleași date. Creierul dumneavoastră este mult mai predispus să-și schimbe evaluarea din cauza influențelor externe. Un exemplu evident este starea de spirit. Este mult prea ușor să iei o decizie proastă pur și simplu pentru că ești într-o dispoziție proastă și ești pregătit, după cum spune zicala confuză, să-ți tai nasul pentru a-ți enerva fața. Vei lua o decizie care este proastă pentru tine, pur și simplu pentru a enerva pe altcineva sau pentru a fi dificil. În mod surprinzător, două cercetări din 2011 au identificat, de asemenea, că starea vezicii urinare are o influență asupra luării deciziilor. O lucrare, care descrie conceptul destul de nefericit numit (ținând cont de faptul că avem de-a face cu controlul vezicii urinare) de „revărsare inhibitorie", explică modul în care, atunci când suntem sub presiunea de a urina, ne descurcăm mai bine la decizii în care autocontrolul este important. Este ca și cum faptul că exersezi controlul conștient asupra mușchilor înseamnă că ai, de asemenea, un control mai bun asupra a ceea ce ar fi altfel decizii impulsive. Acesta ar putea fi orice, de la identificarea rapidă a cuiva până la luarea de decizii financiare care au ca rezultat beneficii pe termen scurt, dar probleme pe termen lung. Cealaltă lucrare arată că o vezică plină nu este întotdeauna un lucru bun: poate duce, de asemenea, la o luare de decizii proastă. După cum poate confirma oricine a încercat să conducă în timp ce era disperat după toaletă, acest studiu a constatat că ne este mai greu să fim atenți și să păstrăm informațiile în memoria noastră pe termen scurt atunci când ne confruntăm cu o vezică suprasolicitată. Aceasta înseamnă un risc crescut de a avea un accident atunci când suntem supuși unei astfel de presiuni. S-ar putea părea că aceste două lucrări sunt contradictorii, dar creierul dumneavoastră este suficient de complex pentru ca aceste două rezultate să fie complementare în rezultat. Faptul că vă este mai greu să vă concentrați și să rețineți informațiile în memorie atunci când aveți o vezică plină este probabil să întărească o tendință de a nu sări și de a lua decizii impulsive, ci mai degrabă să faceți un pas înapoi și să exercitați mai mult autocontrol. Acest lucru este în regulă atunci când aveți suficient timp, dar nu atunci când luați decizii constante și importante. Este probabil cel mai bine, de exemplu, ca piloții de avion și șoferii de camioane să aibă pauze regulate.

Propriile analgezice ale creierului

De asemenea, trebuie să luăm în considerare cât de importantă este creierul în ceea ce privește senzația de durere. Deși asociem durerea cu zona în care suntem răniți, senzația de durere este generată de creier, ceea ce înseamnă că creierul poate, de asemenea, să oprească această senzație. Am văzut mai devreme modul în care înjurăturile și aspirina pot ameliora durerea, dar o altă abordare surprinzător de eficientă este utilizarea *placebo*-urilor. Acestea sunt medicamente false, fără conținut, de obicei pastile de zahăr, care sunt folosite pentru a testa eficacitatea medicamentelor noi. Dacă un medicament nu este mai bun decât un *placebo*, nu merită utilizat. Cu toate acestea, se știe de mult timp că *placebo*-urile au ele însele efecte pozitive. Dacă creierul tău crede că pastila pe care o iei va avea un efect benefic, de multe ori chiar va avea. Acest lucru este valabil mai ales pentru ameliorarea durerii. Creierul are propriile sale modalități naturale de a opri semnalele de durere, iar acestea pot fi încurajate să acționeze cu un *placebo*. În cazul ameliorării durerii, ceea ce face un *placebo* este să facă creierul să presupună că nivelul de durere se va reduce,

iar creierul face din asta o profeție auto-împlinitoare prin eliberarea analgezicelor naturale, cum ar fi *endorfinele* legate de morfină.

Dezinformare homeopatică

Acesta pare a fi modul în care funcționează multe medicamente alternative. Tratamentele *homeopatice*, de exemplu, nu au niciun sens ca medicament real. *Homeopatia* ar trebui să funcționeze prin combinarea unei idei medicale învechite conform căreia administrarea unei doze mici dintr-un otravă provoacă beneficii și a unui concept magic conform căruia, deoarece ceva este similar cu altceva, va avea același efect. Deci, iei o doză mică dintr-o otravă care provoacă simptome similare cu cele de care suferi, iar rezultatul este atenuarea suferinței. Acest lucru nu are sens medical, iar în practică tratamentele *homeopatice* sunt diluate atât de mult încât rar va exista o singură moleculă a substanței active originale în lichidul care este apoi picurat pe o pastilă de zahăr. Rezultatul este că o pastilă homeopatică este exact aceeași cu un *placebo* și, în mod similar, poate avea efecte bune prin încurajarea creierului persoanei care o ia să facă lucrurile mai bune. Unii susținători ai *homeopatiei* susțin că nu poate fi un *placebo*, deoarece funcționează și cu unele probleme la animale, iar animalele cu greu se pot înșela, deoarece nu au idee ce se întâmplă. Se pare că există trei factori aici. O proporție din animale s-ar însănătoși indiferent de ce s-ar face, dar proprietarul ar presupune că remediul a ajutat. Alți proprietari se înșală crezând că un animal a devenit mai confortabil (nu poți spune efectiv nivelul de durere pe care îl simte, de exemplu) și, în cele din urmă, un proprietar poate combina administrarea tratamentului cu îngrijire și atenție suplimentară, care la rândul său va avea un efect *placebo* pozitiv asupra animalului.

Același lucru se aplică multor alte tratamente alternative - acupunctura este un bun exemplu, unde există puține dovezi că tratamentul ar avea vreun beneficiu real dincolo de a fi un *placebo*.

Etica placebo-urilor

Lucrul interesant aici este dacă aceasta înseamnă sau nu că aceste tratamente, sau tratamentul care utilizează un *placebo* explicit, ar trebui folosite. Mulți oameni de știință au reacția instinctivă că acestea sunt neetice. Pentru a utiliza în mod eficient un *placebo* (fie că este etichetat ca medicină alternativă sau înlocuiește medicamentele convenționale), persoana care administrează tratamentul trebuie să mintă pacientului. Implică înșelăciune sau auto-înșelăciune. Întrebarea etică dificilă este dacă este acceptabil să înșeli oamenii pentru a-i face să se simtă mai bine. Efectul *placebo* poate fi destul de puternic și este mai puțin probabil să aibă efecte secundare decât multe medicamente convenționale. Dar este posibil să justifici utilizarea înșelăciunii pentru a obține rezultate pozitive? Scopurile justifică mijloacele? S-ar putea să simți că un răspuns ar fi că ar trebui să fie justificabil, atâta timp cât este ieftin. La urma urmei, o mulțime de medicamente sunt scumpe. Având în vedere că un *placebo* (sau un tratament homeopatic) este doar o pastilă de zahăr, o sticlă plină ar trebui să coste doar câțiva bani. Acesta ar putea părea un mod de a justifica ceea ce altfel ar fi o înșelăciune crudă. Din păcate, cercetările au arătat, de asemenea, că *placebo*-urile scumpe funcționează mai bine decât cele ieftine, atunci când persoanele care le iau sunt conștiente de cost. Când subiecților de testare li s-au administrat două analgezice *placebo*, unul costând 2,50 dolari per pastilă și celălalt 0,10 dolari per pastilă, apoi șocuri electrice, subiecții care au luat pastilele de zahăr mai scumpe au experimentat o ameliorare a durerii considerabil mai bună. Ceea ce este cu siguranță adevărat, totuși, este că înșelăciunea ar putea fi justificată pentru utilizarea *placebo*-urilor și a medicinei alternative dacă ar avea un beneficiu clar și niciun dezavantaj; au existat, la urma urmei, exemple în care o astfel de înșelăciune a dus la suferință și moarte. În cazul în care unui pacient i se administrează un remediu homeopatic sau alte medicamente alternative pentru a preveni malaria sau a „vindeca” cancerul, HIV și alte boli care pun viața în pericol, așa cum s-a întâmplat de prea multe ori, poate produce rezultate mortale, precum și creșterea speranței false. Dacă administrarea acestor remedii duce la evitarea tratamentului convențional, poate avea consecințe teribile și merită condamnată. Un *placebo* este un mecanism care induce în eroare creierul, folosindu-l pentru a influența corpul. La fel ca toate modurile în care funcționează creierul și corpul tău, acest mecanism

a evoluat de-a lungul a numeroase generații. Este timpul să te întorci la oglindă, să-ți consideri corpul ca un întreg și cum a ajuns să fie aici.

9. Oglindă, oglinjoară

Privește-te din nou în oglindă. Încearcă să uiți că ceea ce vezi ești „tu”, o ființă umană. Vezi doar un animal care se uită înapoi din oglindă. Un animal care nu este deosebit de diferit de o maimuță în aspect, chiar dacă creierul tău și capacitățile pe care ți le oferă te deosebesc. S-a vorbit mult în primele zile ale teoriei evoluționiste despre oameni care au coborât (sau au urcat, în funcție de punctul tău de vedere) din maimuțe - dar aceasta este o imagine înșelătoare.

Construind turnul strămoșilor tăi

Pentru a obține o imagine reală a evoluției care a produs corpul tău în acțiune, trebuie să ne uităm înapoi la strămoșii tăi, până la cele mai timpurii forme de viață de pe Pământ care sunt înrudite cu tine. Încercarea de a-ți imagina cum poți ajunge la o ființă umană pornind de la ceva atât de simplu ca o bacterie, să zicem, poate fi greu de vizualizat. În afară de elemente de bază precum structura celulară, care conține apă și ADN, este dificil să vezi că ai multe în comun. Dar aceasta este moștenirea ta. O modalitate excelentă de a-ți imagina cum ai ajuns la acea imagine în oglindă pornind de la aceste forme de viață timpurii este să-ți imaginezi construirea turnului strămoșilor tăi. Te vom reprezenta cu o piesă *Lego* - mai exact, o piesă *Lego* violetă. Ești în vârful unui turn *Lego*. Sub tine este o altă piesă *Lego* violetă. Acesta este unul dintre părinții tăi (nu contează care). Unul dintre părinții lor este următorul bloc în jos, și așa mai departe. Să ne imaginăm că am construit întregul turn, înalt de mulți kilometri, care ne oferă o piesă *Lego* pentru fiecare ființă vie până la cel mai vechi strămoș al tău, prima formă de viață din strămoșii tăi.

Modul de apariție a primei forme de viață este o poveste diferită, la care nu cunoaștem răspunsul. Dar să ne îndepărtăm puțin și să aruncăm o privire asupra turnului pe care l-ați construit. Are câteva caracteristici de design ingenioase. Cea evidentă este culoarea blocurilor. Le-am colorat astfel încât să arate un curcubeu. Acestea variază în culoare de la roșu, la începuturile strămoșilor voștri, până la violet, cu voi în vârf. Este un curcubeu complet. Câte culori sunt într-un curcubeu? Când te uiți la un curcubeu cauzat de picăturile de ploaie când soarele este afară, pare că există câteva culori distincte acolo. Poți vedea un bloc roșu, un bloc portocaliu și așa mai departe. Dar aceste diviziuni sunt total arbitrare. Cele șapte culori ale curcubeului despre care vorbim astăzi au fost inventate de Isaac Newton. Puțini oameni văd de fapt șapte culori într-un curcubeu, dar Newton a vrut să fie șapte, probabil pentru a corespunde cu cele șapte note dintr-o scară muzicală. Chiar și diviziunile pe care le puteți vedea sunt rezultatul creierului vostru care vă înșeală, căutând ca de obicei tipare. În realitate, curcubeul formează o continuitate de culori, fuzionând fără nicio schimbare bruscă de la roșu la portocaliu, de la portocaliu la galben, de la galben la verde și așa mai departe. Dacă te duci la diferențele dintre culori, bazate pe lungimea de undă a luminii sau energia fotonilor implicați, există miliarde și miliarde de culori. Și asta avem în turnul strămoșesc care culminează în corpul vostru. Un adevărat curcubeu de culori.

Fără schimbări bruște

Alegeți oricare două blocuri adiacente din turn și, din toate punctele de vedere, acestea au aceeași culoare, indiferent de blocurile pe care le alegeți. Nu veți vedea niciodată două blocuri adiacente în care, de exemplu, unul este albastru și celălalt este verde. Nu veți vedea niciodată o tranziție de la o culoare la alta. Cu toate acestea, de-a lungul înălțimii sale, turnul reușește să treacă de la roșu la violet prin toate celelalte culori. Există, desigur, diferențe foarte subtile între fiecare cărămidă, dar acestea sunt mult prea mici pentru a fi detectate de ochii voștri.

Similar, ca și creaturile pe care le reprezintă aceste blocuri, fiecare generație este, din toate punctele de vedere, exact același tip de animal ca și generația anterioară - nu veți vedea niciodată o tranziție între o specie și alta. Fiecare individ este aceeași specie cu părinții săi. Deși corpul dumneavoastră este diferit de cel al părintelui de același sex, diferențele sunt în mare parte cosmetice. Sunteți aceeași specie cu părinții dumneavoastră. Privind mai departe în trecut, nu există o ruptură bruscă între uman și preuman, sau, mergând mai departe, între o creatură asemănătoare

unui dinozaur/șopârlă și un mamifer. De fiecare dată, urmașul este aceeași specie cu părintele, dar, paradoxal, reușim să avem o trecere de la simplitatea unicelulară la strămoșii plantelor, peștilor, dinozaurilor, mamiferelor și a celorlalte maimuțe. Acesta este motivul pentru care conceptul victorian al unei „verigi lipsă” este atât de înșelător. Sugerează mai multă schimbare între generații decât s-a întâmplat vreodată. Termenul „verigă lipsă” este, de fapt, total depășit. Se referă la ideea că natura este compusă dintr-un lanț mare de la cele mai simple forme de viață (cum ar fi bacteriile) până la cele mai complexe (oamenii) și tot ceea ce a trăit poate fi pus în această structură - cu excepția faptului că există câteva verigi lipsă în lanț. Problema cu această imagine este că nu este posibil să se decidă o ordine rezonabilă pentru lanț. O pasăre colibri se află mai sus în lanț decât un șoarece? O râmă este mai sus sau mai jos decât un vierme de nisip? Nu are sens.

Un eșec de a face legătura

A existat o altă subtilitate în designul turnului nostru. *Lego*-ul obișnuit are exact aceleași protuberanțe și găuri pe fiecare bloc, astfel încât orice bloc se poate conecta cu orice altul. Pe blocurile noastre ancestrale, forma, dimensiunea și numărul protuberanțelor se schimbă treptat cu poziția în turn. Diferențele dintre blocul care vă reprezintă corpul și părinții dumneavoastră vor fi nedistingibile. Și ar trebui să putem conecta un bloc cu unul cu multe generații mai devreme. Dar dacă cobori pe turn, în cele din urmă vei ajunge la un bloc unde blocul tău modem pur și simplu nu se va mai conecta.

Aici este limita speciei din punctul tău de vedere. Blocul strămoș, în care al tău nu a putut fi conectat, pe care îl vom numi Fred (dar care ar putea fi de ambele sexe), este o specie diferită de tine. Sunteți incompatibili. Din punct de vedere biologic, nu ați putea să vă reproduceți cu Fred. Lucrul cu adevărat important, dar destul de misterios, este că nu putem eticheta pe Fred ca fiind punctul în care a început o nouă specie. Sute de blocuri de ambele părți ale lui Fred sunt aceeași specie cu Fred; se pot încrucișa. Doar că Fred este o specie diferită de tine. Ceea ce demonstrează acest lucru este că întreaga idee de „specie” este una total artificială, concepută de biologi înainte de a înțelege evoluția. Ideea este utilă ca marcator, dar trebuie considerată ca una relativă, nu absolută.

Turnul Babel

Turnul strămoșilor care a produs corpul tău nu stă singur. Fiecare ființă vie are propriul turn de strămoși. Unele turnuri vor fi foarte asemănătoare cu ale tale. O cimpanzeu va avea un turn identic până când ajunge la punctul, aproape de vârf, în care turnul uman și turnul cimpanzeului s-au separat. Punctul în care am avut ultimul strămoș comun cu cimpanzeii este cu adevărat mai aproape decât ai putea crede. Turnul strămoșilor tăi merge înapoi peste trei miliarde de ani, dar noi și cimpanzeii ne-am separat acum șapte până la douăzeci de milioane de ani. Asta înseamnă că doar aproximativ 0,3 la sută din cărămizile *Lego* din turnul tău diferă de cele ale cimpanzeului. Asta nu înseamnă că ființele umane sunt într-un fel descendente din cimpanzei sau din orice altă maimuță existentă. Amândoi am descins dintr-un strămoș comun care nu era nici cimpanzeu, nici uman. Pentru a lua un alt punct de divergență, strămoșul nostru comun cu șoarecii a trăit acum aproximativ 75 de milioane de ani. Mergeți înapoi pe turnul strămoșilor voștri la acest punct și veți găsi un mamifer mic, care probabil arată mai degrabă ca un șoarece decât ca o maimuță, dar nu este niciunul. Această perioadă de timp, 75 de milioane de ani, nu pare foarte lungă când te gândești că viața a existat de aproximativ trei miliarde de ani. S-ar putea să nu pară suficient de lungă pentru a ajunge de la o creatură asemănătoare cu șoarecele până la tine. Dar țineți cont că timpul mediu de generație în acei 75 de milioane de ani ar putea fi de aproximativ cinci ani sau mai puțin, ceea ce ar însemna cel puțin cincisprezece milioane de generații în care mici schimbări s-ar putea acumula pentru a face ceva foarte diferit. Vor fi unele turnuri de strămoși care nu ajung niciodată în ziua de azi - multe dintre ele, de fapt. Gândiți-vă, de exemplu, la dinozauri. Fiecare are o parte timpurie a turnului la fel de bogată ca a ta, dar se oprește acum aproximativ 65 de milioane de ani. (Rețineți, apropo, că aceasta a fost o perioadă de timp similară cu divergența noastră de la strămoșul comun pe care îl împărțim cu șoarecii.) Alte turnuri se opresc cu miliarde de ani în urmă. Niciunul dintre

aceste turnuri truncate nu reprezintă o creatură care trăiește acum. În mod egal, este posibil să existe turnuri de strămoși care nu au pornit de la același prim bloc ca al nostru. Nu știm cum a început viața pe Pământ, dar dacă s-a întâmplat o dată, s-ar fi putut întâmpla de mai multe ori, independent, în diferite locații. Pare probabil, totuși, că fiecare ființă vie descoperită până acum - animal sau plantă - provine din același prim bloc. Aceasta pentru că fiecare ființă vie pe care o cunoaștem până acum are aspecte semnificative în comun. Nu am descoperit încă o formă de viață total unică, care să nu folosească o structură pe bază de carbon și un mecanism ADN (și/sau ARN-ul său chimic înrudit) ca structură de control.

Mândru să fiu „doar o teorie”

Mecanismul pentru a urca în turn este evoluția. Corpul pe care îl vezi în oglindă este produsul unui lung proces evolutiv. Se vorbesc multe prostii despre evoluție. Uneori este atacată ca fiind „doar o teorie”. Aceasta este o neînțelegere fundamentală a naturii științei - toată știința este compusă din „doar teorii”. Dacă luăm o bucată fundamentală de știință, cum ar fi legile mișcării ale lui Newton, avem un set foarte simplu de reguli care merg cam așa:

1. Un corp va rămâne la aceeași viteză (inclusiv oprit) dacă nu este acționat de o forță.
2. Cantitatea de forță aplicată unui corp este egală cu masa corpului înmulțită cu accelerația în direcția forței.
3. Orice acțiune are o reacție egală și opusă.

Cu siguranță aceste reguli nu sunt „doar o teorie”? Ei bine, da, sunt. Modul în care funcționează știința este că un om de știință sau o echipă pune laolaltă o ipoteză, care ar putea fi ceva de genul legilor de mai sus. Apoi o testează în raport cu experimentul: „Găsim într-adevăr că se întâmplă asta? Da, găsim, deci asta întărește ipoteza”. Cu cât avem mai multe dovezi că este adevărată, cu atât este mai probabil ca aceasta să fie o teorie utilă. Odată ce ceva trece de la simpla ipoteză la teorie, a rezistat bine și este utilizabil. Dar ar putea fi totuși infirmată undeva mai târziu.

Newton greșește

Acest lucru s-a întâmplat de fapt cu a doua lege a lui Newton din acea listă. Teoria relativității speciale a lui Einstein arată că, dacă ceva se mișcă, relația dintre forță și accelerație este mai complexă decât credea Newton. Și teoria relativității speciale nu ne-a dezamăgit niciodată; este o teorie mai bună decât cea a lui Newton. Cu toate acestea, se întâmplă că modul în care teoria lui Newton eșuează nu face o diferență vizibilă de cele mai multe ori. Așa că putem folosi în continuare, cu bucurie, forma mai simplă a lui Newton în majoritatea circumstanțelor. Orice teorie poate fi infirmată - este nevoie doar de unele dovezi noi. Și asta include teoriile cărora li se dă eticheta înșelătoare de „legi”. Nicio teorie științifică nu poate fi absolut dovedită, deoarece o nouă dovadă ar putea veni oricând și să arate că presupunerile noastre sunt greșite. Dar asta nu înseamnă că știința nu este mai bună decât ideile total inventate, cum ar fi magia. Știința ne oferă cea mai bună imagine, date fiind informațiile noastre actuale - este doar că trebuie să fie întotdeauna un proces în curs. Evoluția este o teorie în același sens ca și legile lui Newton. Ar putea fi infirmată la un moment dat, iar cea mai bună înțelegere actuală este mai complexă decât imaginea originală a lui Darwin. Cu toate acestea, este în acest moment, de departe, cea mai bună teorie a noastră, având în vedere dovezile disponibile. Într-un fel, acest lucru nu este surprinzător, deoarece este o teorie atât de evidentă - de fapt, este uimitor că nu a fost descoperită cu mult înainte de Darwin.

Evoluția are foarte mult sens. Baza evoluției este foarte simplă. Ați moștenit diverse trăsături de la părinții dumneavoastră, ceea ce a făcut ca corpul dumneavoastră să fie așa cum este, la fel cum au făcut și ei de la părinții lor, și așa mai departe, până la arborele genealogic. În vremea lui Darwin, nu se știa cum se întâmplă asta, dar acum știm că este vorba de genetică (și epigenetică). Unele trăsături sunt susceptibile de a ajuta o anumită specie să supraviețuiască în mediul său actual. Altele sunt susceptibile de a face mai dificilă supraviețuirea speciei. Indivizii care au trăsăturile care îi

ajută să supraviețuiască vor fi mai predispuși să trăiască suficient de mult pentru a se reproduce. Și astfel, aceste trăsături sunt mai susceptibile de a fi transmise. De-a lungul unei perioade lungi de timp, aceste schimbări treptate, provenite dintr-o combinație a diferitelor amestecuri de ADN pe măsură ce diferiți indivizi se reproduc și schimbări aleatorii care apar în ADN ca urmare a mutațiilor, vor duce inevitabil la schimbări în specia respectivă. Asta este, de fapt, tot ceea ce înseamnă evoluția - modul în care diferite generații sunt diferite aleatoriu de generațiile anterioare, combinat cu presiunile de supraviețuire ale mediului. Mulți dintre cei care sunt nemulțumiți de evoluție și ar prefera ca ființele vii să fie proiectate de o forță externă subliniază faptul că acest tip de schimbare va duce doar la schimbări treptate în cadrul unei specii. Cu siguranță, nu ar putea duce la, să spunem, o creatură asemănătoare peștelui care evoluează într-o ființă umană. Oamenii care au această problemă trebuie să meargă să se joace cu un arbore genealogic - așa cum s-a menționat deja, nu există salturi de la o specie la alta. Fiecare generație este aceeași specie ca predecesorul său. Acesta este paradoxul minunat al biologiei, provocat de această etichetă arbitrară de „specie”. Nu trebuie să existe salturi de la o specie la alta.

La ce folosește jumătate de ochi?

O altă problemă pe care o au cei nemulțumiți de evoluție este că, având în vedere că schimbarea se produce foarte încet, care ar fi avantajul unei schimbări parțial formate care nu aduce niciun beneficiu? Aceasta este o problemă care l-a chinuit pe Darwin o vreme. Când te uiți în oglindă la corpul tău, acesta are multe structuri complexe. De exemplu, cum ar putea apărea ceva atât de complex ca un ochi? Cum ai putea ajunge de la creaturi primitive fără vedere la ceva cu un ochi complet format? Acest lucru nu se dovedește a fi o problemă la fel de mare pe cât pare la prima vedere. S-ar putea ca să existe o etapă intermediară care are un beneficiu diferit - pentru tot ce știm, creaturile cu ochi pe jumătate formați ar fi putut arăta mai atrăgător pentru potențialii parteneri. Dar, de fapt, în cazul ochilor, știm că există beneficii directe, deoarece există creaturi chiar acum cu aproape fiecare etapă intermediară între nimic și un ochi complex. Unele au pete sensibile la lumină pe piele; altele au ochi cu cameră cu gaură - fără lentilă, doar o cavitate cu retină; unele au optică foarte crudă; altele au variante diferite de vedere, cum ar fi ochiul compus al unei insecte și așa mai departe. Un alt exemplu de capacitate care pare să aibă puțină valoare dacă este pe jumătate formată este de a avea aripi - fie poți zbura, fie nu poți. Dar, din nou, realitatea este mai subtilă. Cu aripi mici, de exemplu, s-ar putea să nu poți zbura, dar le poți folosi pentru a te mișca puțin mai repede atunci când scapi de un prădător. Și poți avea o altă utilizare pentru ele, cum ar fi răcirea. Este perfect posibil ca o caracteristică parțial formată să aibă o utilizare diferită, care mai târziu este abandonată. O parte din problema pe care o au cei cărora nu le place evoluția cu aceste structuri complexe este că, oricât de mult s-ar strădui, creaționiștii și alții nu pot înțelege că evoluția nu este direcționată. Deci, punând întrebarea „De ce ai avea o aripă parțial formată?”, există o presupunere implicită că evoluția are un scop, că lucrează spre o aripă. Dar evoluția nu este așa - este cu adevărat aleatorie, selectând doar pe parcurs lucruri care sunt utile (sau cel puțin nu sunt un impediment). Fără ideea unei principii călăuzitoare implicate, există mai puțină îngrijorare cu privire la aceste caracteristici parțial formate.

Știința poate fi întotdeauna dovedită greșită

Problema cu creaționismul și *designul inteligent*, punctele de vedere alternative de obicei prezentate împotriva evoluției pentru a explica de ce corpul tău este aici - împreună cu toate celelalte fațete ale naturii - este că acestea nu sunt știință. Amintiți-vă că modul în care funcționează știința este de a testa o teorie în raport cu dovezile. Dar cei care cred într-un proiectant extern spun că nu există dovezi verificabile pentru existența proiectantului - este ceva care trebuie luat prin credință. Majoritatea oamenilor de știință vă vor spune că, pentru ca o teorie să fie știință, aceasta trebuie să fie „falsificabilă”. Asta înseamnă că trebuie să existe un mecanism pentru a dovedi că teoria nu este adevărată. Una dintre primele teorii științifice a fost că tot ce avea greutate încerca să ajungă în centrul universului, care se credea că este centrul Pământului. A fost greșit, dar a fost

știință. Pe măsură ce au devenit disponibile din ce în ce mai multe date din observarea sistemului solar și a universului din jurul nostru, a devenit clar că Pământul nu era în centrul a tot. Teoria a fost infirmată. În mod similar, evoluția, teoria cuantică și relativitatea ar putea fi toate infirmate prin observații adecvate. Nu spun că oamenii de știință își abandonează teoriile cu bunăvoință. Mulți se agață de ele mult timp, până când o greutate copleșitoare de dovezi contrare îi obligă să-și admită greșeala. Dar credința într-un proiectant supranatural nu este ca asta - nu poate fi infirmată. Puteți arăta că nu este necesar, dar nu puteți arăta că nu este adevărat. Trebuie să subliniez că, doar pentru că nu poate fi infirmată, nu o face falsă, dar o împiedică să facă parte din domeniul științei. *Designul inteligent* și creaționismul nu sunt știință și nu ar trebui predate ca atare. Chiar și unele teorii științifice suferă de această problemă. Sute de oameni de știință și-au dedicat viața profesională teoriei șirurilor, o teorie concepută pentru a explica structura tuturor particulelor diferite care alcătuiesc universul. Dar, deocamdată, nimeni nu a găsit o modalitate de a testa teoria (sau orice variantă particulară a acesteia) și de a o dovedi falsă. Unii susțin că asta înseamnă că, deocamdată, teoria șirurilor nu este nici ea știință. Este matematică care poate avea sau nu o legătură cu lumea reală, dar fără acea capacitate de a o testa și de a o putea infirma, teoria șirurilor trebuie să rămână un cetățean de mâna a doua în ceea ce privește știința.

Sentimentul de uimire

Cu simplitatea paradoxală a evoluției și capacitatea sa magică de a schimba organismele de la o specie la alta, fără a vedea vreodată o astfel de schimbare de la o generație la alta, am ajuns la sfârșitul explorării noastre a științei folosind corpul tău ca laborator.

Sper că nu vă veți mai uita niciodată în oglindă și nu vă veți mai gândi doar „Chiar am nevoie de mai multă mișcare”. Luați-vă un moment de fiecare dată când vedeți acea structură remarcabilă pentru a vă bucura de un sentiment de uimire. Toată știința se unește pentru a face ca ceea ce vedeți să funcționeze. Corpul tău este o fereastră spre univers.

TRADUCERE REALIZATĂ CU:

DeepL Translator + Neural Writer